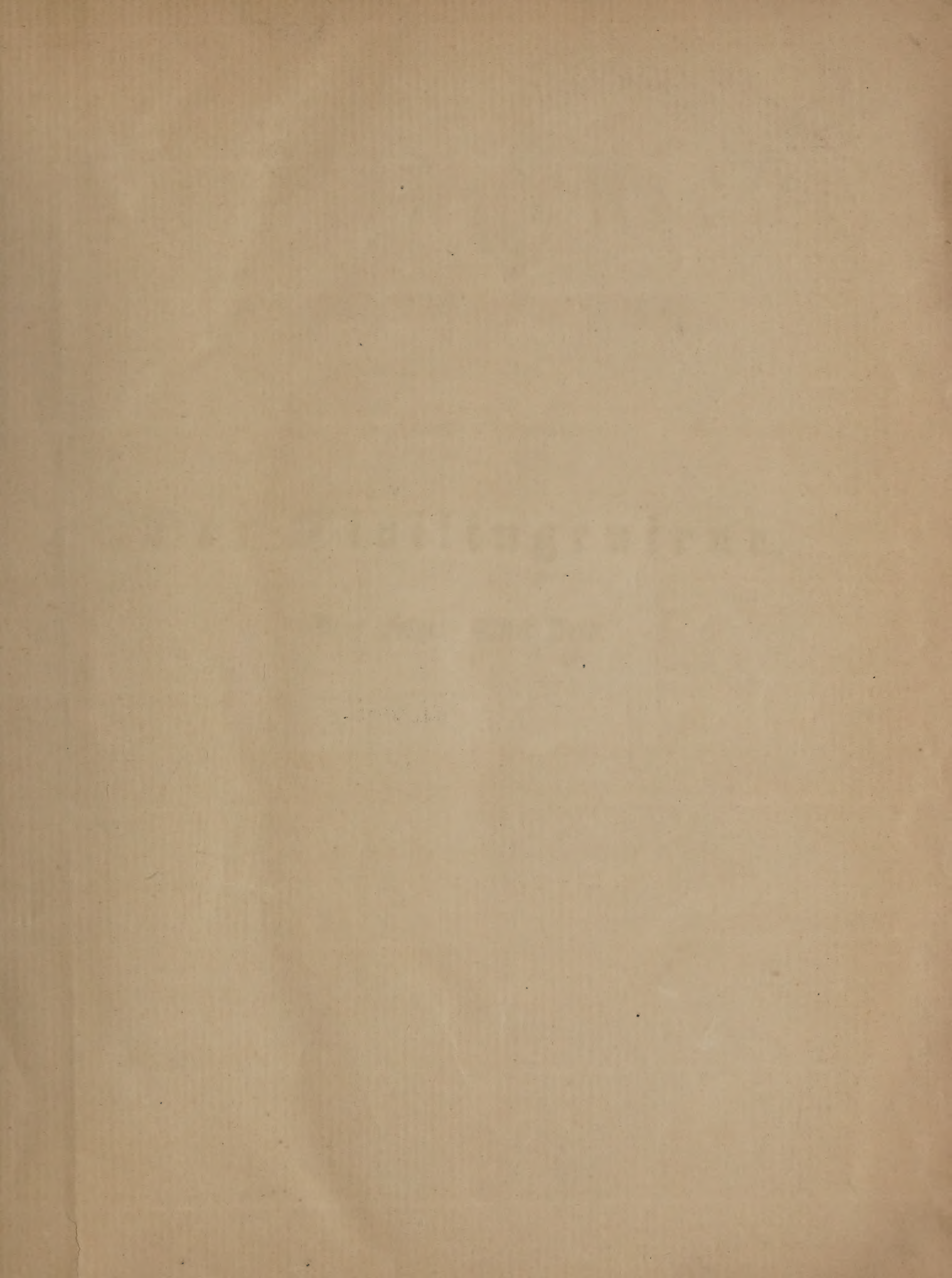
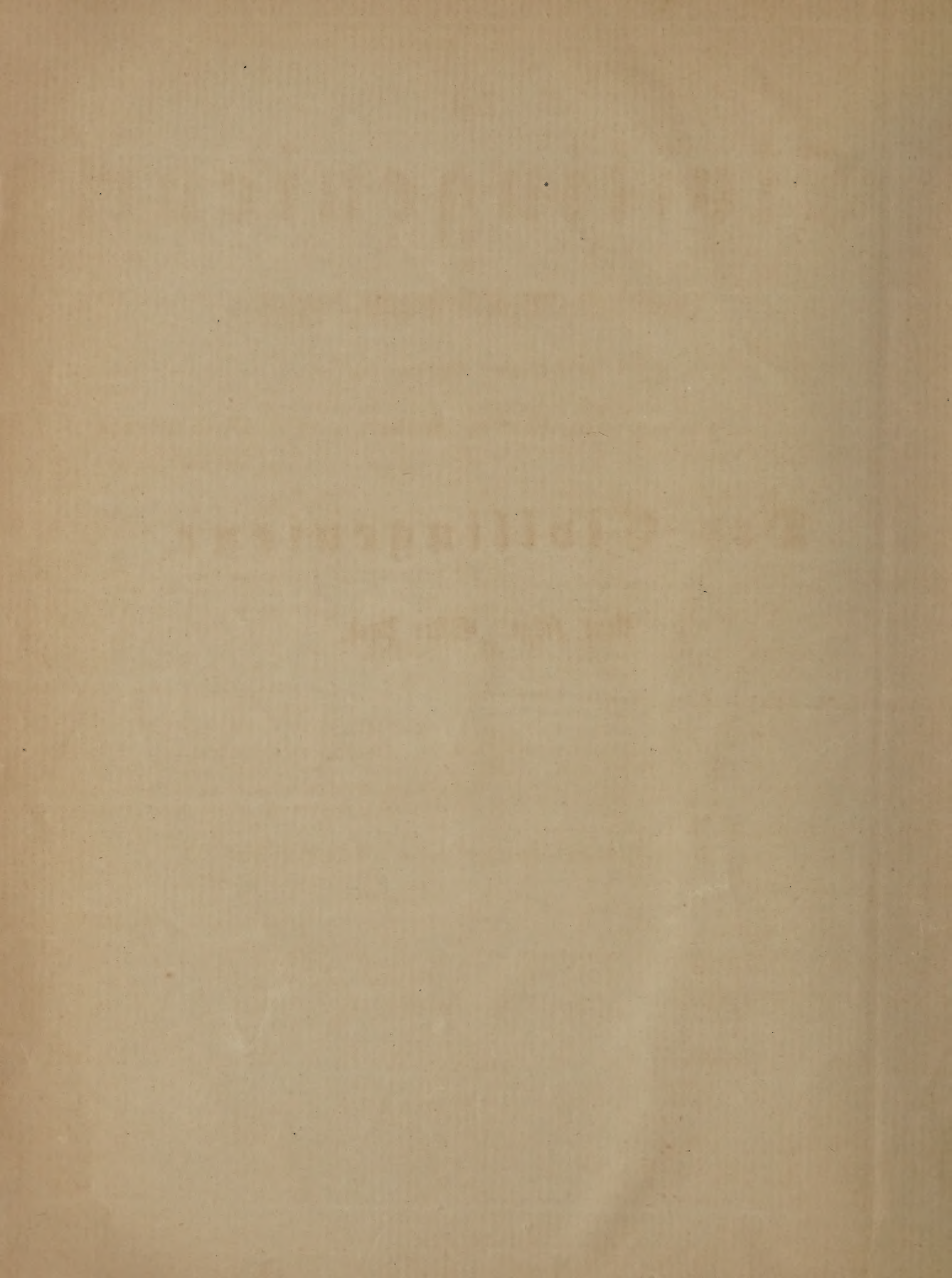


coll. aplt.
mit Titel und
Inhaltsverzeichnis





Der Civilingenieur.

Neue Folge. Elfter Band.

Der

Civilingenieur.

Zeitschrift für das Ingenieurwesen.

Unter besonderer Mitwirkung von

Dr. Julius Weisbach,
K. S. Bergrath, Prof. a. d. Bergakademie zu Freiberg, Mitglied d. K. Russ. Akademie der Wiss. zu St. Petersburg,

Dr. Gustav Zeuner,
Professor am eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich,

V. Tauberth,
Betriebsoberinspector an der K. S.-Böhmischen Staatseisenbahn zu Dresden,

A. Hallbauer,
K. S. Finanzrath zu Leipzig,

und

F. Nowotny,
Directionsrath bei den K. S. westlichen Staatseisenbahnen zu Leipzig,

herausgegeben

von

K. R. Bornemann,
Kunstmeister zu Freiberg.

Neue Folge. Elfter Band.

Mit in den Text eingedruckten Holzschnitten und 31 Tafeln Abbildungen.

Leipzig,
Verlag von Arthur Felix.
1865.

Inhaltsverzeichniß des elften Bandes.

I. Sachregister.

[Die Zahlen zeigen die Seitenzahlen an; (m. A.) bedeutet mit Abbildungen auf den lithographirten Tafeln; (m. H.) mit eingedruckten Holzschnitten.]

II. Namenregister.

III. Register über die Abbildungen.

Berichtigung.

Zu Seite 474 gehören die nachstehenden beiden Holzschnitte:

Fig. 1.

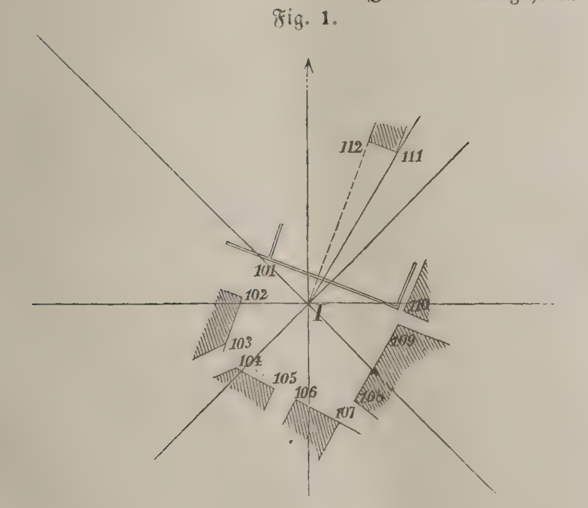
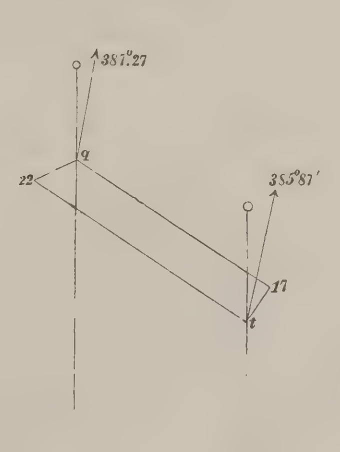


Fig. 2.





Versuche über den Bodendruck.

Von

Dr. E. Winkler, Lehrer an der polytechnischen Schule in Dresden.

(Hierzu Fig. 1 bis 4 auf Tafel 1.)

Es ist bekanntlich bis jetzt noch nicht geglückt, eine genaue Theorie des Bodendruckes aufzustellen. Dem Verfasser ist es zwar gelungen, die genauen Differenzialgleichungen des Bodendruckes zu entwickeln; eine allgemeine Integration derselben ist aber ebenso wenig möglich, wie die allgemeine Integration der Differenzialgleichungen der Elasticität. Hiermit ist nun wenigstens nachgewiesen, daß eine genaue Theorie zur Zeit unmöglich ist. Die Aufstellung von Hypothesen ist daher hier, um wenigstens eine Annäherungstheorie aufstellen zu können, unerläßlich. Am nächsten liegt natürlich die Annahme, daß sich ein zusammenhängendes Erdprisma in ebener Fläche loslöse. Inwieweit die so erhaltenen Resultate mit der Wirklichkeit übereinstimmen, kann nur durch Versuche ermittelt werden. Es fehlt nun zwar nicht an derartigen Versuchen, aber alle lassen zu wünschen übrig; sie sind entweder zu ungenau, oder berücksichtigen nicht Alles in gehöriger Weise. Auf die Reibung an den Seitenwänden des Kastens, in welchen die zum Versuche bestimmte Erde eingeschlossen ist, ist bei den ausgedehnteren Versuchen von Mayniel, sowie von Martony de Köszegh und Woltmann keine Rücksicht genommen und doch ist diese nicht unerheblich. Die Versuche von Hagen, bei welchen die Seitenwände ganz vermieden waren, sind dagegen in zu kleinem Maaßstabe angestellt.

Früher nahm man stets an, daß der Erddruck senkrecht auf die Wandfläche wirke. Erst Scheffler hat eine Theorie unter der Annahme entwickelt, daß der Druck unter dem Reibungswinkel gegen die Verticale der Wand wirke. Die bisher angestellten Versuche geben hierüber aber keinen Aufschluß. Mir kam es daher darauf an, durch möglichst genaue Versuche sowohl die Größe, als die Richtung des Erddruckes festzustellen und dabei auch der Reibung an den Seitenwänden gehörig Rechnung zu tragen. Im Folgenden erlaube ich mir die Art und Weise der in den Monaten Juni und Juli, 1863, angestellten Versuche und die erhaltenen Resultate mitzutheilen.

1. Beschreibung des Apparates. (Fig. 1 u. 2.)

An die vordere offene Seite eines im Lichten 40 Cent. langen, 40 Cent. breiten und 25 Cent. hohen hölzernen Kastens lehnt sich eine um zwei Stahlschneiden B drehbare verticale Wand A. An dieser ist oben in der Mitte eine Schneide C befestigt, auf welche sich eine an einem Bügel D befestigte Stahlpfanne stützt. Von diesem Bügel aus führt eine 0,2 Cent. starke Schnur über eine am hinteren Ende des Kastens gelagerte Rolle E von 3 Cent. Radius nach der Waagschale F.

Dieser Kasten ruht vorn auf der einen Wand eines Kastens G, welcher zur Aufnahme des beim Umklappen der Wand herausfallenden Sandes bestimmt ist. In diesen Kasten sind 7 kleine Kästen eingesetzt, in welche sich der Sand vertheilt, um das Umfüllen des Sandes aus dem Kasten in den Apparat zu erleichtern.

Auf diesem Kasten G ruhen zwei Schwellen H, auf welchen die Lager für die Schneiden befestigt sind, wie Fig. 2 näher zeigt.

Der auf die Wand wirkende Erddruck läßt sich in eine horizontale und eine verticale Componente zerlegen. Um die Richtung des Druckes zu erhalten, muß man beide Componenten bestimmen. Liegt die Drehungsaxe der Wand in der Wandfläche selbst, so ist das Moment der verticalen Componente Null; auf diese Weise läßt sich daher nur die horizontale Componente bestimmen. Um aber auch die verticale Componente bestimmen zu können, darf die Drehungs=

are nicht in der Wandfläche liegen. Deshalb sind zwei Paare von Schneiden angewendet worden, von denen das eine Paar B_1 in der Wandfläche lag, das andere Paar B_2 aber 5 Centimeter von dieser entfernt war. Die Schneiden fielen genau in die Erweiterung der inneren Bodenfläche des Kastens.

Um die Reibung des Sandes an den Seitenwänden des Kastens zu ermitteln, wurde nach einer Versuchsreihe eine Zwischenwand I eingesetzt, wodurch die Reibung offenbar verdoppelt wurde, und nun eine neue Versuchsreihe gemacht. Aus der Differenz der so erhaltenen Resultate läßt sich offenbar die Reibung bestimmen und so eliminiren. Dieses Mittel wurde mir vom Herrn Regierungsrath Professor Schubert vorgeschlagen.

Um das Gewicht auf der Waagschale ganz allmälig vermindern zu können, wurde auf dieselbe eine Büchse K mit Sand gestellt, aus welcher der Sand aus einer Oeffnung im Boden langsam in den Kasten L floß. Um nun aber das Gewicht des Sandes in dem Augenblicke, wo die Wand umzuklappen begann, genau wägen zu können, wurde folgende Vorrichtung angewendet. Der Deckel des Kastens L, welcher um eine Kante drehbar war, bestand ebenfalls aus einem Kasten L_1; dieser wurde durch den Stift a geöffnet erhalten, klappte aber beim Herausziehen des Stiftes um und verschloß so den Kasten L. Das Herausziehen des Stiftes wurde durch den Apparat selbst besorgt; dieser Stift war nämlich mit dem unteren Ende des Hebels b verbunden, während am oberen Ende desselben ein Draht c nach der Wand ging, dessen vorderes umgebogenes Ende sich vor einen auf der Wand befestigten Stift legte. Bei einer kleinen Bewegung der Wand wurde hierdurch der Stift a herausgezogen, der Kasten L_1 klappte um, und der Sand lief von nun an in diesen Kasten L_1, konnte sonach besonders gewogen werden. Bei einer weiteren Bewegung der Wand wurde der Draht c durch den auf der Querleiste M befestigten Stift e ausgelöst.

Trotzdem, daß die Wand genau an die vorderen Flächen der Wände des Apparates anschloß, zeigte sich dieser Verschluß für den angewendeten feinen, trockenen Sand als undicht. Noch ehe die Wand förmlich umklappen konnte, lief der Sand an einzelnen Stellen langsam heraus, und zwar um so mehr, je mehr sich das Gewicht auf der Waagschale verminderte, was die Genauigkeit der Versuche sehr beeinträchtigte. Nach einigen anderen Versuchen zeigte sich das Belegen der Flächen, gegen welche sich die Wand legt, mit Flanell am zweckmäßigsten. Die Dichtung war ganz vollkommen und das Umklappen der Wand geschah nicht nach und nach, sondern plötzlich, so daß die Belastung im Momente des Umklappens genau bestimmt werden konnte.

Die beiden Schneiden B, sowie der Bügel D und die Rolle E wurden während des Füllens des Apparates mit Kappen von Pappe bedeckt, um sie gegen Staub zu schützen.

Trotz aller angewendeten Vorsicht zeigten die Versuchsresultate dennoch mannigfache Abweichungen, deren Hauptursache daher wohl in den ungleichmäßigen Ablagerungen des Sandes zu suchen ist.

Zu den Versuchen wurde ein sehr feiner, gelber Sand angewendet. Nach der ersten Versuchsreihe wurde derselbe gewaschen, um das lästige Stäuben desselben zu beseitigen.

2. Entwickelung der nöthigen Formeln.

Wir bezeichnen im Folgenden (Fig. 3) mit

- h die Höhe des Sandes hinter der Wand;
- b die lichte Breite des Kastens im Allgemeinen; im Speciellen aber mit b', b'' diese Breite, je nachdem keine oder eine Zwischenwand eingesetzt ist;
- s den Abstand der Drehungsaxe von der Wandfläche;
- g den Abstand des Schwerpunktes der Wand von der Wandfläche;
- p die Höhe der horizontalen Schnur über der Drehungsaxe;
- G das Gewicht der Wand;
- $\mathfrak{P}_1$ das an der verticalen Schnur hängende Gewicht;
- $\mathfrak{P}$ die Spannung der horizontalen Schnur im Allgemeinen; im Speciellen aber mit $\mathfrak{P}'$, $\mathfrak{P}''$ diese Spannung, je nachdem keine oder eine Zwischenwand vorhanden ist;
- F die Spannung, um welche die Spannung der horizontalen Schnur durch die Reibung an einer Seitenwand vermindert wird;
- P die Spannung der horizontalen Schnur, wenn die Wand 1 Meter breit ist, an den Seitenwänden keine Reibung stattfindet und die Wand kein Gewicht hat;
- D, H, V den vom Sande bei einer Breite von 1 Meter, einer Höhe von 1 Meter und einem Gewichte des Sandes von 1 Kilogramm pro Liter ausgeübten Druck, Horizontaldruck und Verticaldruck;
- γ das Gewicht eines Liters Sand;
- φ den natürlichen Böschungswinkel des Sandes;
- φ_1 den Reibungswinkel für die Reibung des Sandes an der Wand.

Alle Längen sollen in Metern, alle Kräfte in Kilogrammen angegeben werden.

Zunächst kommt es darauf an, aus den Versuchsresultaten diejenige Spannung P der Schnur pro Breite 1 zu berechnen, welche eintreten würde, wenn an den Seitenwänden keine Reibung stattfände und das Gewicht der Wand = 0 wäre. Die Spannung der Schnur selbst würde für diesen Fall resp. Pb' oder Pb'' sein, je nachdem keine oder eine Zwischenwand vorhanden ist. Für das Gleichgewicht gegen Drehung um die Schneide ist daher

$$1. \begin{cases} Pb' = \mathfrak{P}' + G\frac{s-g}{p} + 2F, \\ Pb'' = \mathfrak{P}'' + G\frac{s-g}{p} + 4F \end{cases}$$

und hieraus ergiebt sich

$$2. \quad F = \frac{\mathfrak{P}'b'' - \mathfrak{P}''b'}{2(2b'-b'')} - G.\frac{s-g}{p}.\frac{b'-b''}{2(2b'-b'')},$$

$$3. \quad P = \frac{(2\mathfrak{P}' - \mathfrak{P}'')p + G(s-g)}{p(2b'-b'')},$$

$\mathfrak{P}'$ und $\mathfrak{P}''$ aber lassen sich aus dem unmittelbar durch Beobachtung gefundenen Gewichte $\mathfrak{P}_1$ berechnen, wenn man die Reibung an der Rolle kennt. Da der Zapfendruck sehr nahe dem $\mathfrak{P}_1$ proportional ist, so können wir setzen:

$$4. \quad \mathfrak{P} = (1+k)\mathfrak{P}_1,$$

wenn wir mit k eine Versuchszahl bezeichnen.

Hat man hiernach P berechnet, so ergeben sich sehr leicht auch H und V. Der wirkliche Horizontal- und Verticaldruck ist $Hbh^2\gamma$ und $Vbh^2\gamma$, mithin $Pbp = \frac{1}{3}Hbh^3\gamma - Vbh^2s\gamma$, oder

$$5. \quad Pp = \frac{1}{3}Hh^3\gamma - Vh^2s\gamma.$$

H erhält man unmittelbar durch Versuche, bei welchen $s = 0$ ist, nämlich

$$6. \quad H = \frac{3Pp}{h^3\gamma}.$$

Hat man hiernach H bestimmt, so findet man V aus Versuchen, bei welchen P nicht $= 0$ ist, nämlich

$$7. \quad V = \frac{Hh}{3s} - \frac{Pp}{h^2s\gamma}.$$

Nach der Theorie ist, wenn man auf die Reibung an der Wand keine Rücksicht nimmt,

$$8. \begin{cases} D = 500\tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right), \\ H = D, \quad V = 0, \end{cases}$$

und wenn man auf diese Reibung Rücksicht nimmt,

$$8. \begin{cases} D = 500.\frac{\sin\varphi}{\cos^2(\varphi+\varphi_1)}\left[\sqrt{\frac{\cos\varphi_1}{\sin\varphi}} - \sqrt{\sin(\varphi+\varphi_1)}\right]^2, \\ H = D\cos\varphi_1, \quad V = D\sin\varphi_1. \end{cases}$$

3. Vorversuche.

Es sind im Ganzen zwei Versuchsreihen angestellt; bei der ersten lag die Drehungsaxe in der Wandfläche, bei der zweiten aber 5 Cent. von derselben entfernt. Wie schon oben bemerkt, wurde der Sand nach der ersten Versuchsreihe gewaschen, wodurch sich sein Gewicht und natürlicher Böschungswinkel etwas änderte.

a. Natürlicher Böschungswinkel. Dieser Winkel wurde dadurch bestimmt, daß die Wand bei gefülltem Kasten langsam nach oben gezogen und ganz entfernt wurde, so daß der Sand zum Theil ausfloß. Durch Messen der Höhe und Anlage der so gebildeten Böschung ließ sich φ leicht ermitteln. Sechs Versuche der ersten Versuchsreihe ergaben fast übereinstimmend

$$\tan\varphi = 0{,}672, \quad \varphi = 33^0\,54'$$

und ebenso vier Versuche der zweiten Versuchsreihe

$$\tan\varphi = 0{,}658, \quad \varphi = 33^0\,16'.$$

b. Reibung an der Rolle. Diese wurde dadurch ermittelt, daß zwei Waagschalen, welche an der über die Rolle gelegten Schnur hingen, zunächst gleich stark belastet wurden, und man sodann auf die eine Waagschale so lange Sand laufen ließ, bis eine Bewegung eintrat. Es sei G das totale Gewicht, incl. Gewicht der Rolle und Schnur, g das Uebergewicht. G betrug 0,5 bis 1,5 Kilogr. Bei ungeschmiertem Zapfen ergab sich $\frac{g}{G} = 0{,}017$ bis 0,022, im Mittel aus 11 Versuchen $= 0{,}0198$. Bei mit Klauenfett geschmiertem Zapfen ergab sich $\frac{g}{G} = 0{,}019$ bis 0,023, im Mittel aus 9 Versuchen $= 0{,}0213$.

Die Zapfen hatten 0,25 Cent. Radius und die Rolle 3 Cent. Radius, daher ist der Reibungscoefficient

$$\frac{3}{0{,}25}.\frac{g}{G} = 12\frac{g}{G},$$

d. i. trocken $= 0{,}238$, geschmiert $= 0{,}256$.

Bei den Versuchen selbst wurden die Zapfen nicht geschmiert. Da hierbei die Richtung der Schnur um 90° abgelenkt wird, so ist der Zapfendruck $\sqrt{2}$ von der Spannung der Schnur. Die Vermehrung der Spannung in Folge der Reibung ist daher nach dem obigen Versuchsresultate $0{,}0198\sqrt{2}$ von der Spannung der Schnur. Der in Nr. 2 mit k bezeichnete Coefficient ist demnach $k = 0{,}0198\sqrt{2}$, d. i.

$$k = 0{,}028.$$

c. Reibung des Sandes an der Wand. Diese wurde dadurch ermittelt, daß die Wand auf genau horizontal geebneten Sand gelegt und mit Gewichten belastet wurde und dann die Waagschale, welche an einer über die eben besprochene Rolle gelegte Schnur hing, soweit belastet wurde, bis eine Bewegung der Wand eintrat (Fig. 4). Die Vermehrung der Belastung geschah auch hier ganz allmälig, indem man in die Waagschale langsam Sand einlaufen ließ. Die Belastung, incl. Gewicht der Wand betrug 1,5 bis 4 Kilogramme. Mit Berücksichtigung der Reibung an der Rolle ergab sich vor der ersten Versuchsreihe $\tan\varphi_1 = 0{,}547$ bis 0,570 und im Mittel aus 7 Versuchen

$$\tan\varphi_1 = 0{,}555, \quad \varphi_1 = 29^0\,2'.$$

Vor der zweiten Versuchsreihe ergab sich $\tan\varphi_1 = 0{,}584$ bis $0{,}594$ und im Mittel aus 7 Versuchen

$$\tan\varphi_1 = 0{,}585, \quad \varphi_1 = 30^0\,20'.$$

d. Gewicht des Sandes. Das Gewicht des Sandes wurde nach 6 verschiedenen Versuchen der ersten Versuchsreihe und 23 verschiedenen Versuchen der zweiten Versuchsreihe ermittelt. Es wurde jedesmal 1 Liter gewogen. Für die erste Versuchsreihe ergab sich $\gamma = 1{,}368$ bis $1{,}386$, im Mittel

$$\gamma = 1{,}380,$$

und für die zweite Versuchsreihe $\gamma = 1{,}412$ bis $1{,}451$, im Mittel

$$\gamma = 1{,}431.$$

Das Gewicht hat hiernach durch das Waschen des Sandes nicht unmerklich zugenommen.

e. Gewicht der Wand. Dasselbe ergab sich für die erste Versuchsreihe zu

$$G = 1{,}1057 \text{ Kilogr.}$$

und für die zweite zu

$$G = 1{,}0996 \text{ Kilogr.}$$

f. Messungen. Für die nöthigen Abmessungen ergab sich:

I. Versuchsreihe.	II. Versuchsreihe.
$b' = 0{,}4027$ Met.	$b' = 0{,}4018$ Met.
$b'' = 0{,}3910$ "	$b'' = 0{,}3896$ "
$h = 0{,}2512$ "	$h = 0{,}2528$ "
$g = 0{,}0198$ "	$g = 0{,}0200$ "
$p = 0{,}2694$ "	$p = 0{,}2715$ "
$s = 0$ "	$s = 0{,}0528$ "

4. Erste Versuchsreihe. $(s = 0.)$

Anfangs mißglückten die Versuche wegen des undichten Schlusses der Wand. Die nach dem Belegen mit Flanell erhaltenen Resultate sind folgende:

No.	Ohne Zwischenwand. $\mathfrak{P}_1$	$\mathfrak{P}'$	No.	Mit Zwischenwand. $\mathfrak{P}_1$	$\mathfrak{P}''$.
6.	1,133	1,164	14.	0,985	1,013
5.	1,142	1,174	13.	0,989	1,017
3.	1,168	1,200	11.	1,005	1,033
2.	1,181	1,214	10.	1,007	1,035
7.	1,182	1,215	14.	1,021	1,050
1.	1,195	1,228	8.	1,024	1,053
4.	1,217	1,251	9.	1,031	1,060
Mittel	1,167	1,201	Mittel	1,009	1,037

Substituirt man diese Mittelwerthe für $\mathfrak{P}'$ und $\mathfrak{P}''$ und die unter No. 3 angegebenen Werthe für G, g, p, b′, b″, h in die Gleichungen 1, so ergiebt sich

$$0{,}4027\,P = 1{,}201 - 0{,}081 + 2\,F$$
$$0{,}3910\,P = 1{,}037 - 0{,}081 + 4\,F$$

oder

$$\begin{cases} 0{,}4027\,P = 1{,}120 + 2\,F, \\ 0{,}3910\,P = 0{,}956 + 4\,F. \end{cases}$$

Hiernach wird

$$F = 0{,}064.$$

Dies in die Gleichungen 1 gesetzt, giebt für einen einzelnen Versuch

$$\begin{cases} P = 2{,}483\,\mathfrak{P}' + 0{,}117, \\ P = 2{,}558\,\mathfrak{P}'' + 0{,}435. \end{cases}$$

Nach Gleichung 6 wird nun $H = 36{,}948\,P$, d. i.

$$\begin{cases} H = 91{,}75\,\mathfrak{P}' + 4{,}31, \\ H = 94{,}49\,\mathfrak{P}'' + 16{,}54. \end{cases}$$

Die Theorie giebt für $\varphi = 33^0\,54'$, $\varphi_1 = 24^0\,2'$

ohne Rücksicht auf Reibung an der Wand $H = 142{,}0$
mit " " " " " " $H = 112{,}0$
nach Hagen . . . . $H = 86{,}3$.

In folgender Tabelle sind die aus den einzelnen Versuchen berechneten Werthe von H, sowie die relativen Abweichungen von den theoretischen Resultaten zusammengestellt.

No.	H.	Abweichung in Procenten. ohne Reib.	mit Reib.	n. Hagen.	No.	H.	Abweichung in Procenten. ohne Reib.	mit Reib.	n. Hagen.
6.	111,1	— 21,8	— 0,8	+ 22,3	2.	115,7	— 18,5	+ 3,0	+ 25,4
14.	112,3	— 20,9	+ 0,2	+ 23,3	12.	115,8	— 18,4	+ 3,0	+ 25,5
5.	112,3	— 20,9	+ 0,2	+ 23,3	7.	115,8	— 18,4	+ 3,0	+ 25,5
13.	112,6	— 20,7	+ 0,5	+ 23,4	8.	116,0	— 18,3	+ 3,2	+ 25,6
11.	114,2	— 19,6	+ 1,8	+ 24,4	9.	116,7	— 17,8	+ 3,8	+ 26,0
10.	114,3	— 19,5	+ 1,8	+ 24,5	1.	117,0	— 17,6	+ 4,0	+ 26,2
3.	114,4	— 19,4	+ 1,9	+ 24,6	4.	119,1	— 16,1	+ 6,7	+ 27,6
					Mittel	114,8	— 19,1	+ 2,2	+ 24,8.

Hiernach ist also im Mittel

$$H = 114{,}8.$$

Hiervon weicht das theoretische Resultat bei Berücksichtigung der Reibung an der Wand am wenigsten, und zwar nur sehr wenig, ab.

5. Zweite Versuchsreihe ($s = 5$ Cent.).

Die zweite Versuchsreihe, bei welcher die Schneiden, welche die Drehungsaxe der Wand bildeten, 5 Cent., genauer 0,0528 Cent., von der Wandfläche entfernt waren, ergab folgende Resultate:

No.	Ohne Zwischenwand. $\mathfrak{P}_1$	Ohne Zwischenwand. $\mathfrak{P}'$	No.	Mit Zwischenwand. $\mathfrak{P}_1$	Mit Zwischenwand. $\mathfrak{P}''$.
5.	0,674	0,693	13.	0,524	0,538
2.	0,682	0,701	12.	0,531	0,546
6.	0,686	0,705	10.	0,533	0,548
7.	0,700	0,719	14.	0,536	0,551
3.	0,710	0,723	8.	0,552	0,571
1.	0,720	0,740	11.	0,562	0,577
4.	0,725	0,745	9.	0,565	0,581
Mittel	0,700	0,718	Mittel	0,543	0,559

Nach den Gleichungen 1 wird daher

$$0{,}4018\,P = 0{,}718 + 0{,}133 + 2\,F,$$
$$0{,}3896\,P = 0{,}559 + 0{,}133 + 4\,F,$$

oder

$$\begin{cases} 0{,}4018\,P = 0{,}851 + 2\,F, \\ 0{,}3896\,P = 0{,}692 + 4\,F. \end{cases}$$

Hieraus ergiebt sich

$$F = 0{,}065.$$

Dies in die Gleichungen 1 gesetzt, giebt für einen einzelnen Versuch

$$\begin{cases} P = 2{,}489\,\mathfrak{P}' + 0{,}652, \\ P = 2{,}567\,\mathfrak{P}'' + 1{,}004. \end{cases}$$

Der bei der ersten Versuchsreihe erhaltene mittlere Horizontaldruck war 114,8, der berechnete dagegen 112,0. Im jetzigen Falle ergiebt sich für $\varphi = 33^0\,16'$ und $\varphi_1 = 30^0\,20'$ durch die Rechnung $H = 113{,}6$; demnach wird der wirkliche Horizontaldruck für die zweite Versuchsreihe ziemlich genau $114{,}8 \cdot \frac{113{,}6}{112{,}0} = 116{,}4$ sein. Nach Gleichung 7 wird daher

$$V = 192{,}91 - 57{,}173\,P,$$

d. i.

$$\begin{cases} V = 155{,}63 - 142{,}30\,\mathfrak{P}', \\ V = 135{,}53 - 146{,}76\,\mathfrak{P}''. \end{cases}$$

In folgender Tabelle sind die hiernach für V berechneten Werthe zusammengestellt.

No.	V	No.	V.
4.	49,62	14.	54,11
9.	50,26	12.	54,85
1.	50,33	10.	55,20
11.	50,85	6.	55,21
8.	51,73	2.	55,88
3.	52,75	13.	56,68
7.	53,32	5.	57,02
		Mittel	53,41.

Die Theorie giebt für $\varphi = 33^0\,16'$, $\varphi_1 = 30^0\,20'$ ohne Rücksicht auf die Reibung an der Wand

$$D = 145{,}77,\quad H = 145{,}77,\quad V = 0,$$

mit Rücksicht auf die Reibung an der Wand

$$D = 131{,}57,\quad H = 113{,}56,\quad V = 66{,}45.$$

Die Versuche ergaben also im Mittel $V = 53{,}41$, während nach der Theorie mit Rücksicht auf Reibung an der Wand $V = 66{,}45$ ist, in Wirklichkeit ist also V nur 80,4 Procent vom theoretischen Resultate. Obwohl die Uebereinstimmung nicht besonders gut zu nennen ist, so zeigen die Versuche doch, daß die Reibung an der Wand nicht zu vernachlässigen ist.

Gestützt auf diese Versuche könnte man vielleicht bei der Berechnung der Futtermauern den Horizontaldruck H so einführen, wie ihn die Theorie mit Rücksicht auf Reibung an der Wand giebt, dagegen von dem theoretischen Werthe von V nur 80 Procent, also 0,8 V.

Bezeichnet man den Winkel, welchen der Erddruck mit der Normalen zur Wandfläche bildet, mit φ_2, so ist

$$\tan\varphi_2 = \frac{V}{H} = \frac{53{,}4}{116{,}4} = 0{,}459,\quad \varphi_2 = 24^0\,39',$$

während $\tan\varphi_1 = 0{,}585$ ist, also ist $\tan\varphi_2 = 0{,}785\tan\varphi_1$, oder ungefähr $\tan\varphi_2 = 0{,}8\tan\varphi_1$. Nehmen wir in der Theorie an, daß der Erddruck diese Richtung habe, d. h. setzen wir in Formel 9 den Winkel φ_2 für φ_1 ein, so ergiebt sich $D = 129{,}2$, $H = 117{,}4$ und $V = 53{,}9$, während die Messung $H = 116{,}4$, $V = 53{,}4$ ergab. Es ist daher vielleicht noch rathsamer, bei der Berechnung der Futtermauern anzunehmen, daß der Erddruck mit der Verticalen zur Wandfläche nicht den Reibungswinkel φ_1 einschließe, sondern einen Winkel φ_2, dessen Tangente nur $= 0{,}8\tan\varphi_1$ ist.

Um weitere Aufschlüsse zu erhalten, beabsichtige ich, diese Versuche noch auf andere Erdarten auszudehnen und den Einfluß der Feuchtigkeit, sowie der Form der Wand zu untersuchen.

6. Reibung an den Seitenwänden.

Aus unseren Versuchen läßt sich eine Formel ableiten, durch welche man die Reibung an den Seitenwänden bei anderen Versuchen, bei welchen sie nicht gemessen ist, ungefähr berechnen kann.

Bezeichnet man die Reibung an einer Seitenwand auf $\frac{1}{3}$ der Wandhöhe reducirt mit $\mathfrak{F}$, so ist $F p = \frac{1}{3} \mathfrak{F} h$, also $\mathfrak{F} = \frac{3 F p}{h}$, wenn F die von uns angenommene Bedeutung hat. Hiernach ist bei der ersten Versuchsreihe $\mathfrak{F} = 0{,}2059$, bei der zweiten $\mathfrak{F} = 0{,}2094$. Der Normaldruck auf ein Flächenelement ist dem Eigengewichte der Erdmasse und der Tiefe des Elementes unter der Oberfläche proportional. Da hier die Reibung auf einer dreieckigen Fläche zur Wirkung kommt, deren Inhalt dem Quadrate der Höhe proportional ist, so ist jedenfalls $\mathfrak{F}$ dem Eigengewichte der Erdmasse und der dritten Potenz der Höhe proportional. Machen wir außerdem die Hypothese, daß diese Reibung der Tangente des Reibungswinkels φ_1 proportional ist, so ist für andere Fälle nach der ersten Versuchsreihe, wo $\mathfrak{F} = 0{,}2059$, $h = 0{,}2512$, $\gamma = 1{,}380$, $\tan\varphi_1 = 0{,}555$ war,

$$\mathfrak{F} = 0{,}2059 \cdot \frac{h^3 \gamma \tan\varphi_1}{0{,}2512^3 . 1{,}380 . 0{,}555} = 16{,}96\, h^3 \gamma \tan\varphi_1$$

und nach der zweiten Versuchsreihe, wo $\mathfrak{F} = 0{,}2094$, $h = 0{,}2528$, $\gamma = 1{,}431$, $\tan\varphi_1 = 0{,}585$ war,

$$\mathfrak{F} = 0{,}2094 . \frac{h^3 \gamma \tan\varphi_1}{0{,}2528^3 . 1{,}431 . 0{,}585} = 15{,}48\, h^3 \gamma \tan\varphi_1,$$

also im Mittel

$$10. \quad \mathfrak{F} = 16{,}22\, h^3 \gamma \tan\varphi_1 .$$

Der Werth, um welchen der horizontale Erddruck H für 1 Meter Höhe, 1 Meter Breite und einem Gewichte des Sandes von 1 Kilogramm pro Liter durch die Reibung an den Seitenwänden vermindert wird, ist daher

$$11. \quad \frac{\mathfrak{F}}{b h^2 \gamma} = 16{,}22 \frac{h}{b} \tan\varphi_1 .$$

7. Versuche von Martony de Köszegh.

Martony de Köszegh hat vier Versuche mit Sand angestellt. Hierbei war $h = 6$ Fuß österr. $= 1{,}8967$ Meter, $b = 3$ Fuß $= 0{,}9483$ Meter. Ein Cubikfuß Sand wog 98,6 Pfund, mithin 1 Liter 1,748 Kilogramm. Der gemessene Horizontaldruck betrug 847, 819, 830, 707, im Mittel also 801 Kilogramme. Demnach ist der Horizontaldruck pro Quadratmeter und für ein Sandgewicht von 1 Kilogramm pro Liter

$$H = \frac{801}{0{,}9481 . 1{,}8967^3 . 1{,}748} = 134{,}31.$$

Nehmen wir, um die Reibung an den Seitenwänden zu bestimmen, in Ermangelung einer genaueren Angabe, wie bei unsern Versuchen im Mittel $\tan\varphi_1 = 0{,}570$ an, so wird nach Formel 11 $\frac{\mathfrak{F}}{b h^2 \gamma} = 16{,}22 . 2 . 0{,}570 = 18{,}49$. Demnach ist, da zwei Seitenwände vorhanden waren, genauer $H = 134{,}31 - 2 . 18{,}49 = 97{,}33$.

Die Theorie giebt ohne Rücksicht auf Reibung an der Wand $H = 124{,}30$, mit Rücksicht auf dieselbe $H = 98{,}26$, welches letztere Resultat fast genau mit dem Versuchsresultate übereinstimmt.

Selbstwirkender Schmierapparat für Locomotivcylinder.

Von

W. Volkmar, Ingenieur in Zürich.

(Hierzu Fig. 5 und 6 auf Tafel 1.)

Es sind in neuerer Zeit verschiedene Vorrichtungen erfunden worden, welche den Zweck haben, das Schmieren der Locomotivcylinder selbstwirkend zu erfüllen. Da das Schmieren der Cylinder während der Fahrt mit einiger Gefahr verbunden und da fernerweit bei dem nur in längeren Zwischenräumen stattfindenden Schmieren derselben, trotz der größeren Menge von Oel dieses doch bald vom Dampf mit fortgerissen wird und die Schieber und Kolben wieder trocken laufen, so dürfte der Vortheil von selbstwirkenden Schmierbüchsen gewiß nicht zu verkennen sein, welche nicht nur die Gefahr vermeiden, sondern auch in kleineren Zwischenräumen kleinere Mengen Oel dem Schieber und Kolben mittheilen und so eine wesentlich bessere Schmierung derselben bewirken.

Die am längsten bekannte derartige selbstwirkende Schmiervorrichtung ist die Condensations-Schmierbüchse von Jacobi, welche zwar sehr sinnreich ist, sich aber doch in der Praxis, wenigstens bei Locomotiven, nicht bewährt hat, weil durch die fortwährende Verbindung des Dampfes mit dem Oelbehälter, durch fortwährende Condensation des ersteren, auch immer etwas Oel abläuft, welches wenig nützt, wenn der Kolben mit Dampf arbeitet. Beim Leerlauf der Maschine auf Gefällen wird aber, wenn der Dampf abgestellt ist, auch wenig Dampf mehr condensirt, folglich der Schieberkolben gerade dann, wenn er es am nöthigsten hätte, am wenigsten mit Oel versehen.*)

Dieser Apparat ist nun in neuerer Zeit in England dahin verbessert worden, daß durch die Anwendung eines Ventils, welches durch den Dampfdruck geschlossen wird, zunächst der fortwährende Contact des Dampfes mit dem Oel vermieden ist, und so das durch das sich bildende Condensationswasser verdrängte Oel nur ablaufen kann, wenn der Dampf abgestellt ist.

Bei diesem Apparat von Johnson (siehe Dingler's Polytechn. Journal, 1864, Bd. CLXXII, Heft 6) kann die Menge des verdrängten Oeles aber nur sehr gering sein, da vor dem Schluß des Ventils nur sehr wenig Dampf in den Oelbehälter entweichen, und sich also nur eine verschwindend kleine Menge Condensationswasser bilden kann. Dieser letztere Apparat wird also für längere Gefälle entschieden zu wenig Oel dem Kolben zuführen.

Diesen Nachtheil habe ich nun durch meinen vorliegenden Apparat zu vermeiden gesucht. Wie aus der in Fig. 5 und 6 auf Tafel 1 gegebenen Abbildung (in natürlicher Größe) ersichtlich, ist hier ebenfalls ein Ventil angewendet, welches durch den Dampfdruck geschlossen wird. Am anderen Ende (a) der kreuzförmigen Führungsnerven des Ventils befindet sich ein kleiner Kolben, welcher, wenn das Ventil (wie in der Figur 6) geschlossen, so weit über den unteren Boden des Oelbehälters vorsteht, daß das Oel leicht den Raum an den Führungsnerven ausfüllen kann. Wird nun der Dampf abgestellt, so wird sich das untere Ventil öffnen (Fig. 5), der obere Kolben (a) aber beim Heruntergehen die cylindrische Oeffnung ganz ausfüllen, so daß nur das zwischen den Nerven und dem Raum b befindliche Oel abfließen kann. Beim jedesmaligen Dampfabstellen wird daher dem Schieber und Kolben eine, je nach der Größe des Raumes ganz bestimmte Menge Oel zugeführt, also nur dann, wenn es nothwendig ist. Auf längeren Gefällen, wo eine etwas größere Menge Oel für den Kolben nöthig ist, da läßt sich durch momentanes Reversiren mit dem Steuerhebel das Ventilspiel beliebig wiederholen und kann dadurch dem Kolben nach Belieben Oel gegeben werden. Der Führer kann, so oft er es für nöthig erachtet, von seinem Stande aus, schmieren.

Da beim Laufe der Maschine ohne Dampf die Luft im Schieberkasten verdünnt wird, so wird der Oelabfluß schnell und sicher erfolgen.

Statt des Kolbens (a) kann man auch ein Ventil anwenden, welches sich schließt, sobald sich das untere öffnet, allein hierdurch wird der Apparat etwas complicirter und der Ventilsitz am Boden des Oelbehältes wird sich bald verharzen, so daß der Schluß weniger dicht sein würde, als bei diesem Kölbchen, welches schon durch seine verticale Bewegung stets sauber gehalten wird. Außerdem wird sich, wenn das untere Ventil auf den Stiften (c) aufsitzt, der über der Kante (d) noch vorstehende Theil des Kölbchens bald mit einer Oelkruste überziehen und sich so von selbst oben einen ganz dichten Schluß herstellen. Damit beim Hin- und Herfahren auf Bahnhöfen nicht von selbst viel Oel ablaufen kann, ist es gut, wenn erst bei der Abfahrt der Oelbehälter nach Bedarf gefüllt wird.

Selbstverständlich kann dieser Apparat, dessen Ventil nebst Führung und Kölbchen möglichst passend eingeschliffen sein muß, nicht direct auf den Cylinder, sondern nur auf dem Schieberkasten angebracht werden, was aber auch genügt, da das Oel vom Schieber immer von selbst auch zum Kolben gelangt.

*) Dasselbe gilt wohl auch von der im vor. Bande dieser Zeitsch. auf S. 158 beschriebenen und auf Taf. 11 abgebildeten Ramsbottom'schen Schmierbüchse. D. Red.

Beschreibung einer kein Geräusch machenden Bohrknarre

construirt von

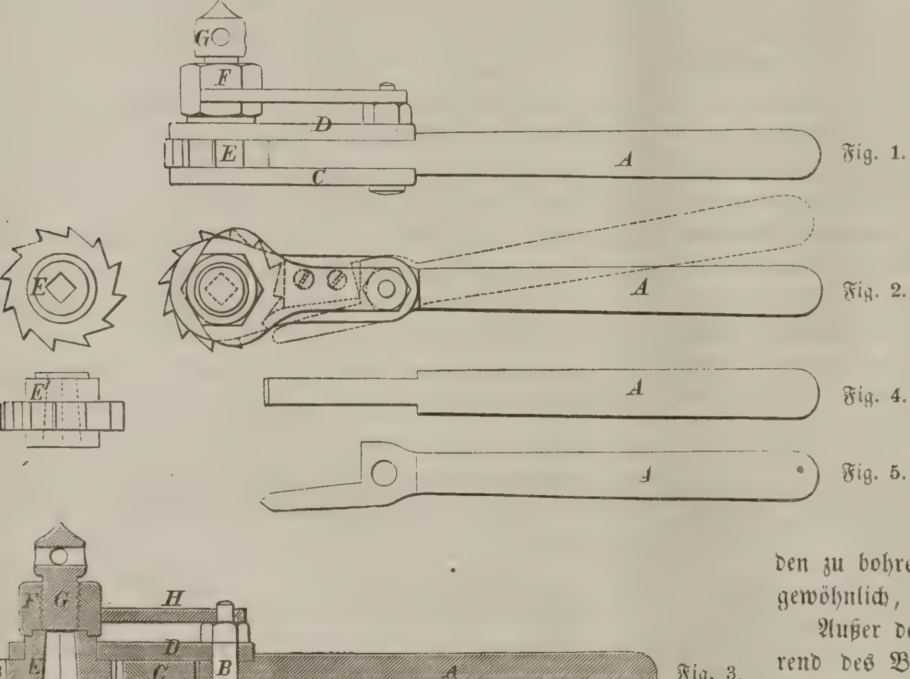
V. Hager, Ingenieur in Löbau.

Es kommt sehr oft vor, daß man auf Stellen, wo der Raum sehr beschränkt ist, zu bohren hat, und sind zu diesem Behufe die gewöhnlichen Bohrknarren in der Bohrvorrichtung zu lang, so daß man eben deshalb mit der Knarre nicht dazu kann; ferner machen auch dieselben während der Arbeit ein sehr lästiges Geräusch, weil bei jeder Umdrehung der Sperrkegel über sämmtliche Zähne des Sperrrades hinwegschnappt.

Um einestheils dieses Geräusch zu beseitigen, und anderntheils weniger Raum zum Bohren zu brauchen, construirte ich im Jahre 1858 für die Reparaturwerkstätten der sächsisch-schlesischen Staatseisenbahn in Dresden die in beifolgender Zeichnung dargestellte Bohrknarre (eigentlich Nichtbohrknarre, da sie eben beim Bohren nicht knarrt), und da sie sich sehr gut bewährt hat, erlaube ich mir, die Beschreibung derselben zu veröffentlichen.

Von untenstehenden Holzschnitten stellt Fig. 1 die Seitenansicht, Fig. 2 die obere Ansicht und Fig. 3 einen Längendurchschnitt dar. Dieselbe besteht aus dem Handgriff A, welcher in Fig. 4 und 5 gezeichnet und an seinem Ende verstählt ist, weil er zugleich die Function des Sperrkegels zu verrichten hat. An diesem Griffe werden durch die Schraube B die beiden Backen C und D angeschraubt, welche außerdem noch durch zwei in der Zeichnung ersichtliche kleinere Schrauben verbunden sind. Zwischen diese beide Backen wird gleichzeitig das Sperrrad E eingesetzt, welches sehr niedrig, von Stahl angefertigt, und zur Aufnahme des Bohrers viereckig ausgearbeitet ist.

Zum Stellen des Bohrers gegen die Arbeit dient die auf das Sperrrad gesteckte sechskantige Mutter F, in welche wiederum die Stellschraube G, die am Kopfe in eine Stahlspitze endigt, geschraubt ist. Um nun das selbstständige Drehen der Mutter während des Bohrens zu hindern, wird sie durch einen Schlüssel H, welcher am andern Ende auf einen Zapfen der Schraube B gesteckt wird, gehalten.



Das Bohren selbst geschieht wie mit einer gewöhnlichen Bohrknarre. Man drückt den Handgriff A von sich, wie es in Fig. 2 punktirt angegeben ist; hierdurch bewegt sich derselbe um die Schraube B und das entgegengesetzte Ende desselben, oder der Sperrkegel löst sich aus. Zieht man hierauf den Handgriff nach sich, so greift derselbe wieder in das Sperrrad ein und nimmt es nebst dem Bohrer mit sich fort. Gegen den zu bohrenden Gegenstand wird der Bohrer, wie gewöhnlich, durch die Stellschraube G gedrückt.

Außer dem Vortheil der Geräuschlosigkeit während des Bohrens hat dieses Werkzeug noch den Vorzug, daß sich weder Sperrkegel, noch Sperrrad, wie es bei der gewöhnlichen Bohrknarre durch die fortwährende Reibung der Fall ist, wesentlich abnutzt, und daß die Arbeit beim Zurückdrücken natürlich eine leichtere ist.

Studien über die Filtration des Wassers im Großen und Theorie derselben.

Von

Dr. Th. Weiß, Lehrer an der polytechn. Schule in Dresden.

(Hierzu Tafel 2.)

Die Versorgung unserer Städte mit größeren Mengen fließenden Wassers wird zu immer unabweisbarerer Nothwendigkeit. Die Ausführung entsprechender Anlagen verbreitet sich in beständig weiterwerdenden Kreisen. Dabei zeigt sich, daß die Herbeileitung von Quellen, Gebirgsbächen und von sonstigen unmittelbar reinen und schmackhaften Wässern meistens nicht möglich, oder, vorzüglich wegen erforderlich werdender Expropriation von Grund und Boden nicht genügend billig ist. Man sieht sich vielmehr genöthigt, größere Flüsse als Bezugsorte zu wählen, und dann sich ferner genöthigt, das entnommene Wasser einer Reinigung, Klärung oder Filtration zu unterwerfen.

In diesem Falle tritt an den ausführenden oder begutachtenden Ingenieur die Frage heran, ob ein natürliches oder ein künstliches Filtrationssystem zu wählen sei. Sieht er sich zu Entscheidung dieser Frage in den Werken um, welche diesen Gegenstand behandeln, und vergleicht die darin zusammengetragenen Erfahrungen und gutachtlichen Aeußerungen, so trifft er auf die verworrensten Widersprüche. Hier ist das natürliche System bis zu überraschendem Erfolge geglückt, dort hat es sich unter Begleitung der verhängnißvollsten Folgen als durchaus untauglich gezeigt. Der Eine preist dasselbe als in jeder Hinsicht vorzüglich und unschätzbar an, der Andere spricht ihm nicht nur jeden praktischen Werth ab, sondern verdammt es obenein auch wegen finanzieller Mißverhältnisse.

Ein eingehenderes Studium zeigt, daß die meisten, ja fast alle Verfasser jener Werke nicht frei sind von Vorurtheilen für das eine oder das andere der Systeme, daß sie bei ihrem Urtheile zu wenig objectiv verfahren und daß sie verabsäumen, aus der ganzen Summe von für- und widersprechenden Erfahrungen ein gemeinsames, allgemeines Grundprincip als Urtheilsbasis herzuleiten.

Ein solches Grundprincip aufzufinden und damit dem Ingenieur in dem Wirrsal von Ansichten und Meinungen ein Wegweiser zu werden, bezweckt nachstehender Artikel.

Bei der Redaction desselben ist vorausgesetzt, daß der Leser bis zu gewissem Grade mit dem behandelten Gegenstande vertraut sei. Es ist namentlich vorausgesetzt, daß derselbe die allgemeine Kenntniß von der Einrichtung sowohl natürlicher, als künstlicher Filtrationssysteme habe. Im Falle diese Voraussetzung nicht zutreffen sollte, wird auf die Schriften verwiesen, welche im Laufe des Artikels namhaft gemacht werden.

Das künstliche System der Filtration verursacht bei seiner Ausführung keine absonderlichen Schwierigkeiten und läßt kein Mißlingen des Erfolges befürchten. Es giebt eine sehr große Anzahl nach demselben ausgeführter Anlagen, von denen man nur die in jedem Sonderfalle als zweckmäßigst erscheinende auszusuchen und leistenartig nachzuahmen braucht.

Nicht so ist es mit dem natürlichen System. Das Gelingen dieses Systems hängt von mancherlei schwer herbeizuführenden Umständen und von Bedingungen ab, welche an der Natur der betreffenden Oertlichkeit haften, und über deren Existenz oder Nichtexistenz der ausführende Ingenieur sich nur sehr schwer Rechenschaft geben kann.

Ich richte daher mein Augenmerk hauptsächlich auf dieses natürliche System.

Dabei sei zuvor bemerkt, daß eine Wahl zwischen beiden Systemen nur dann in Frage kommt, wenn die Gesammtkosten für das natürliche System muthmaßlich geringer ausfallen.

Diese Gesammtkosten hängen bei letzterem fast nur von dem Herstellungspreise der Anlage ab, da die Unterhaltungskosten verschwindend klein sind. Bei dem künstlichen Systeme dagegen setzen sie sich aus dem Herstellungspreise der Anlage und aus den Kosten für Reparatur und Unterhaltung zusammen. Letztere sind nicht unbeträchtlich, da sie sowohl die für Entfernung der untauglich gewordenen, als die für Herbeischaffung neuer Filterstoffe erforderlichen Arbeiten umfassen.

Brauchen daher bei der Herstellung keine absonderlichen Schwierigkeiten überwunden zu werden, so hat das natürliche System die Vermuthung der Billigkeit für sich.

Um diese Schwierigkeiten, die selbstverständlich mit den örtlichen Verhältnissen jedes Sonderfalles wechseln, genügend würdigen zu können, muß man tiefern Einblick in die Einzelnheiten der Arbeiten haben, welche bei der Ausführung erfordert werden. Aus diesem Grunde lasse ich mich bei nachfolgender Beschreibung verschiedener ausgeführter Anlagen umfänglicher auch auf diese Herstellungsarbeiten ein.

Die vom günstigsten Erfolge gekrönte Anlage ist die in Toulouse. Eine ausführliche Beschreibung derselben von d'Aubuisson findet sich in den Annales des ponts et chaussées, 1re Sér., 1838, p. 273. Ich gebe nachstehend eine wortgetreue Uebersetzung von dieser Beschreibung und mache darauf aufmerksam, daß sich fragmentarische Wiedergaben davon vorfinden in:

Förster's Bauzeitung 1853, S. 110.
Hagen's Handbuch der Wasserbaukunst 1853, S. 280.
Dupuit, Traité de la distribution des eaux. 1854, pag. 119.
Becker's Wasserbau 1856, S. 43.
Dumont, Les eaux de Lyon et de Paris 1862, p. 147.

(Die in diesen Werken enthaltenen Zeichnungen stimmen nicht alle genau mit dem Original und der hier gelieferten Wiedergabe überein.)

1) Die natürlichen Filter in Toulouse, einer Stadt von 50000 Einwohnern, befinden sich an dem Ufer der Garonne, am Fuße der Straße Dillon. Die Filtration geht durch eine Sandbank vor sich, welche der Fluß seit 50 Jahren angeschwemmt hat, welche zumeist aus Kies und Sand, vermischt mit Gerölle und einem feinen Ueberzuge von Schlamm besteht und deren Ausdehnung und Form durch Fig. 1, Tafel 2 dargestellt wird.

Herr Abadie hatte bei seinem ersten Projecte die Maschinen an den Ufern des Untergrabens der Schloßmühle aufgestellt (siehe Fig. 2). Er hatte die Brunnen mit einer zwischen Mauerwerk enthaltenen Kies- und Sandwand eingefaßt und gedacht, daß die von jenem Untergraben her filtrirten Massen ihren Schmutz darin absetzen und rein in die Pumpen gelangen würden. Durch eine sinnreiche Einrichtung konnte er diese Masse nach entgegengesetzter Richtung von dem Wasser des Flusses durchströmen lassen und er hoffte, daß, im Falle dasselbe klar wäre, der Sand gereinigt werden würde.

Statt dieser Reinigungsmethode schlug Herr Virebent diejenige vor, deren man sich seit vielen Jahren in den Apparaten bedient, welche den Einwohnern fast alles Trinkwasser liefern. Hier reinigt sich das Wasser, indem es nicht, wie bei dem Projecte des Herrn Abadie horizontal und auch nicht, wie bei den gewöhnlichen Filtern vertical von oben nach unten, sondern indem es vertical von unten nach oben strömt.

Diese Projecte wurden der Akademie der Wissenschaften vorgelegt, welche eine Prüfungscommission ernannte, zu deren Mitgliedern Herr Maguès gehörte. Sie stellte Beobachtungen über verschiedene Reinigungsmethoden der Stadt an und gelangte zu dem Ergebniß, daß das Wasser der Garonne, falls es sehr schmutzig ist, nicht anders gereinigt werden kann, als wenn man es durch 4 Lagen Kies und Sand strömen läßt, von denen jede 4 Fuß Dicke hat. Sie erkannte ferner, daß 1 Quadratmeter dieser Filtermasse in 24 Stunden nur 20 Cubikmeter reinigt. Hieraus schloß die Akademie, daß die Projecte von Abadie und Virebent nicht genügten, um die verlangte Wassermenge von 200 Wasserzoll = 4000 Cubikmeter zu liefern.

Herr Maguès war für natürliche Filtration; er glaubte, daß, wenn man sie an der Spitze der Insel Tounis (Fig. 2) anbringen wollte, ein dort eingegrabener großer Brunnen eine beträchtliche Wassermenge liefern würde. Diese Ansicht hatte er durch Beobachtungen über die Ergiebigkeit von Brunnen gewonnen, welche auf dieser Insel sich vorfanden.

Als man sich für eine Anlage bei Saint-Cyprien entschied (Fig. 2), verlangte er, daß man versuchsweise einen Graben in der Sandbank aushöbe, welche unterhalb der Straße Dillon sich befindet. Ein solcher Graben wurde dicht an dieser Straße begonnen.

Einige Zeit nachher ließ Herr Chaumont, welcher sich mit der Filtration beschäftigte, einen Graben näher am Flusse anbringen (an der Spitze des Filters Nr. I, Fig. 1). Er gab ihm eine Länge von 14, eine Breite von 8 und eine Tiefe von 3,1 Meter. Mit Hilfe der archimedischen Schraube pumpte er das Wasser aus. Er beobachtete darauf die Zeit, welche das nachdringende Wasser brauchte, um wieder bis zu einer gewissen Höhe zu steigen und schloß daraus auf die Ergiebigkeit der umgebenden Filtermasse. Dieses Wasser war übrigens sehr gut. Drei Experimente dieser Art machten ihn glauben, daß die verlangten 200 Wasserzolle (4000 Cubikmeter) mit einer elliptisch geformten Grube erhalten werden könnten, welche oben 33 Meter lang und 23 Meter breit sei und deren Boden 1 Meter unter dem Tiefwasser des Flusses liege. Die Commission sah wohl ein, daß die Ergiebigkeit, welche man bei diesen Versuchen, bei denen der Boden in der Umgegend des Brunnens ganz und gar mit Wasser imprägnirt war, erhalten hatte, in keinem Verhältnisse zu derjenigen stehe, welche man erhalten würde, wenn durch continuirliches Pumpen der Boden ausgetrocknet wäre und die Filtration nur durch die Ufer des Flusses vor sich ginge. Indessen nahm sie den Vorschlag Chaumont's in der Absicht an, die Grube zu erweitern, falls sie nicht genügen sollte.

Filter Nr. I. — Um diese Arbeit zu beginnen, mußte man wegen des Abflusses der Wasser, die in diese tiefere, in der Nähe des Flusses und unter dessen Niveau gelegene Grube drangen, die Beendigung der Herstellung der Abzugscanäle abwarten.

Man öffnete in der von der Garonne angeschwemmten Sandbank einen Graben bis zu dem Orte, wo man das Bassin anbringen wollte, welches das filtrirte Wasser aufnehmen sollte; man gab diesem Bassin die ursprünglich projectirte Form und Größe.

Als es fertig war, maaß man zu verschiedenen Malen und bei verschiedenen Wasserständen des Flusses die Liefermenge der Filtration und fand, daß sie nicht mehr als 56 bis 73, also im Mittel 60 Wasserzoll = 1200 Cubikmeter betrug. Uebrigens war dieses Wasser stets klar, wie auch der Zustand des Flusses sein mochte.

So war es sicher, daß man auf die Qualität des Wassers rechnen und definitiv die Canäle herstellen konnte, welche es den Brunnen der hydraulischen Maschinen zuführen sollten. Man hatte anfangs beabsichtigt, Thonröhren anzuwenden, aber man entschied sich für eiserne. Man gab ihnen einen Durchmesser von 30,5 Centimeter und legte sie auf den Boden des für die Reservoire in der Richtung a b d hergestellten Grabens (Fig. 1). An dem Punkte, wo dieser Canal die Straße traf, brachte man ein kleines Reservoir an, um den Sand zurückzuhalten, den das Wasser etwa mitführen würde.

Was die Quantität betrifft, so waren die 60 Wasserzolle jedenfalls ungenügend; es war nicht das Drittel von dem, was man haben mußte. Daher vergrößerte man das Filter in der Sandbank bis zu einer Länge von 108 Meter bei einer mittleren Bodenbreite von 10 Meter, so daß es also 1080 Quadratmeter Oberfläche erhielt. Allein die Vermehrung der Liefermenge war nicht entfernt dieser Vergrößerung proportional. Die Verlängerung hatte man in einem Boden vorgenommen, der durch die erste Ausgrabung bereits ausgetrocknet war. In der That fand man zufolge mehrerer Messungen nicht mehr als kaum $1\frac{1}{2}$ mal den ursprünglichen Betrag, während die Oberfläche vervierfacht war.

Die ganze Grube wurde mit einem starken Damme eingefaßt, welcher 3,6 Meter über dem umliegenden Boden und beinahe 6 Meter über dem Mittelwasser des Flusses sich erhob. Sie wurde dadurch vor den Hochfluthen geschützt.

Dieses Filter gab anfangs gutes Wasser, aber vom zweiten Jahre an begann eine Vegetation von Wasserpflanzen aufzuwuchern und die Beschaffenheit seines Productes zu beeinträchtigen. Im folgenden Jahre nahm das Uebel zu. Die Sonnenstrahlen trafen auf den Boden mit ihrer ganzen Intensität. Sie entwickelten dort starke Hitze, welche durch die Wirkung der reflectirenden Ufer der Dämme noch gesteigert wurde. Dadurch nahm die Vegetation die bedenklichste Ueppigkeit an; die verschiedenen Mittel, sie zu zerstören, blieben fruchtlos; Reptilien sammelten sich an und jene Pflanzen, wie diese Thiere machten sterbend und verwesend das Wasser sehr schlecht, obgleich es mit sehr guter Beschaffenheit in das Filter eindrang. Hitze und Licht waren die Ursachen hiervon. Um sie zu beseitigen, blieb nichts Anderes übrig, als das Filter zu bedecken. Man füllte den Boden mit Gerölle an und warf eine Aufschüttung darauf.

Dieser Boden war in der That so gut als möglich gereinigt; man stellte hierauf in seiner ganzen Länge einen kleinen Aquäduct einfach aus ohne Mörtel übereinandergelegten Steinen her; dann füllte man das Bassin mit grobem, gut gewaschenem Gerölle bis zu der Höhe des Mittelwassers des Flusses. Auf diese Weise floß das filtrirte Wasser, welches in die Grube drang und in den Zwischenräumen von Gerölle und Ziegelsteinen wie in dem Aquäduct hinlief, ohne erhebliches Hinderniß und demnach ohne Verminderung der Menge bis zu der gußeisernen Leitung ganz so, als wenn das Bassin ganz leer und offen geblieben wäre. Auf das grobe Gerölle warf man eine Lage feineres, dann eine Lage Kies und indem man die Dämme wieder abtrug, füllte man mit dem Sande, aus welchem sie bestanden, die Vertiefung ganz zu; darauf säete man Gras. Auf diese Weise war die alte Wiese auf der Oberfläche der Sandbank wieder hergestellt, das Filter den Beschädigungsangriffen des Publicums entzogen und die Beaufsichtigung für dasselbe unnöthig gemacht. Eine große Brunnenstube, an dem Punkte, wo das Wasser in die gußeiserne Leitung tritt, gestattet zu diesem wichtigsten Punkte Zugang.

Seit dieser Anordnung ist die Beschaffenheit des Wassers nicht nur wiederhergestellt, sondern sie hat sich sogar verbessert. Die Reinheit desselben ist vollkommen. Im hohen Sommer, wenn fast alle Wässer unserer Gegend unangenehmen Geruch und Geschmack haben, ist dasselbe von Allen, die in die Brunnenstube gestiegen sind, als gut und frisch, wie Gebirgswasser befunden worden. Indem es 4 Meter unter der Erde und 40 Meter vom Flusse weg fließt und einige Zeit unten verweilt, nimmt es eine Temperatur an, welche nur innerhalb geringer Grenzen schwankt. Im Sommer hat es das Thermometer nicht über 17° C. gesteigert und während des strengen Winters von 1830, nachdem 25 Tage lang starker Frost gewesen und der Frost 1 Meter tief in die Erde gedrungen war, betrug seine Temperatur nur 8 Grad, so daß ein Einfrieren der Röhrenleitung nicht zu befürchten war.

Die Kosten betragen
für das eigentliche Filter . . . 14105 Fr.
für die mit Gerölle ausgefüllten
und zur Erleichterung der Filtration angelegten Gräben . 4344 „
für die eiserne Röhrenleitung . 14127 „
für die Füllung mit Gerölle und
für die Verschüttung . . . . 12096 „
44672 Fr. = 11900 Thlr.

Heutzutage, wo wir die Erfahrungen hinter uns haben, würden die Kosten nicht die Hälfte dieser Summe betragen.

Filter Nr. II. — Dieses ausgezeichnete Filter lieferte indessen nur 100 Wasserzolle, während wir 200 haben mußten.

Bei Herstellung eines zweiten sagte man leider, anstatt das neue dem ersten ganz gleich zu machen: dieses giebt zu wenig Wasser; wenn wir uns mehr dem Flusse nähern, so werden wir genug erhalten. In Anbetracht, daß nahe am Flusse angebrachte Brunnen und vorzüglich die auf der Insel Tounis (Fig. 2) stets außerordentlich klares und außerdem sehr viel Wasser gegeben hatten, wurde ein Brunnenmacher befragt und nach dessen Rath eine Reihe von verticalen unter sich und mit dem Wasserthurm in Verbindung stehenden Brunnen eingegraben.

Zu ihrer Herstellung öffnete man stromabwärts vom ersten Filter, etwa 10 Meter vom Flusse einen Graben cd (Fig. 1). Auf dessen Boden errichtete man 11 Thürme oder Schächte von Ziegelsteinen ohne Mörtel bis zu einer Höhe von 1 bis 1,3 Meter unter der Erdoberfläche und deckte dieselben mit gußeisernen Platten ab. Man verband deren Basis durch Röhren, welche auf dem Boden des Grabens ruhten. Man warf Kies darüber und verschüttete die übrige Ausgrabung mit der Erde, welche man daraus entnommen hatte. Am äußersten Ende, an der Kaimauer bei d (Fig. 1) brachte man eine Vertiefung an, welche das auch vom ersten Filter kommende Wasser aufnahm. Beide Wasser vereinigten sich hier und flossen zusammen in die Brunnen der Maschinen.

Die Ergebnisse waren wenig befriedigend und entsprachen keineswegs unseren Erwartungen. Man hatte eine Bank von schlammigem Boden durchbrochen und ungeachtet der Sorgfalt, mit welcher man die Röhren in diesem Theile verkittete, ungeachtet des Kieses, welcher in großer Quantität eingeworfen war, theilte sich dem Wasser doch ein merklich schlammiger Geschmack mit. Wegen zu großer Nähe an dem Flusse nahm das Wasser die Temperatur desselben an. Im letzten Winter war sie bis auf 2 Grad herabgesunken und im Sommer bis auf 21 Grad gestiegen. Diese hohe Temperatur wurde Anlaß zu einer Vegetation von kleinen Wasserpflanzen und Wurzeln im Innern des Filters. Abgerissene Bestandtheile davon mischen sich dem Wasser bei und geben ihm, obgleich man sie durch Drahtgitter zurückzuhalten sucht, ein keineswegs angenehmes Aussehen. Dazu kommt noch, daß die auf dem Boden des Filters in dessen ganzer Länge angebrachten Röhren fortwährend in fast stagnirendem Wasser liegen und stark oxydiren. Der Rost giebt den Pflanzenfasern eine röthliche Farbe, mischt sich dem Wasser bei und beschmutzt die Steinplatten, über welche dasselbe fließt.

Diese übeln Beschaffenheiten wurden durch Mischung dieses Wassers mit dem des ersten Filters allerdings wesentlich verbessert, verschwanden aber nicht bis zu erwünschtem Grade. Man suchte dem Uebel dadurch abzuhelfen, daß man die gußeisernen Röhren entfernte und sie durch einen Bau von locker zusammengelegten Kieselsteinen ersetzte; aber auch Dieses genügte nicht vollständig, und man sah sich daher genöthigt, dieses zweite Filter ganz zu verlassen, obwohl dasselbe 27055 Fr. = 7200 Thlr. gekostet hatte.

Filter Nr. III. — In Anbetracht, daß während des Sommers 1828, wie während des darauf folgenden Winters, wo allerdings ein außergewöhnlich niedriger Wasserstand eintrat, beide Filter zusammen nur 140 Wasserzoll gegeben hatten, anstatt daß sie 200 bis 250 liefern sollten, entschied sich der Magistrat für ein drittes größeres Filter und setzte dessen Ausführung auf den 17. Januar 1829 fest.

Aber dieses Mal ließ man sich nicht auf neue kostspielige Versuche ein, sondern entschloß sich, die neue Anlage genau so wie die erste herzustellen, d. h. sie ganz nach denselben Principien zu bauen.

Man öffnete daher in der Sandbank oberhalb des alten Filters und in genügender Entfernung davon einen Graben efgh (Fig. 1), führte denselben parallel dem Ufer des Flusses in einer Entfernung von 30 bis 50 Metern bis zum äußersten Ende der Bank und gab ihm eine Länge von 250 Metern. Der Boden desselben lag 1,14 Meter unter dem Niederwasser des Flusses.

Auf diesem Boden brachte man eine Gallerie an, die aus zwei Mauern von einfach übereinandergelegten Ziegelsteinen bestand und mit Steinplatten überdeckt war. Die Dimensionen derselben wurden so klein als möglich, nämlich 1,5 Meter in der Höhe und 0,6 in der Breite angenommen, nur gerade so groß, daß ein Knabe hineingehen konnte. Der Raum zwischen der Galerie und der Ausgrabung wurde mit gut ausgewaschenen Kieselsteinen ausgefüllt, darüber warf man eine Lage Kies von 0,66 Meter Dicke, füllte das Uebrige mit dem aus der Grube erhaltenen Sande aus und besäete die Oberfläche mit Gras (Fig. 1a).

Das zwischen dem Flusse und dieser Ausgrabung filtrirte und von jenem Boden aufgenommene Wasser wurde nach dem Kai in einem neuen Graben geführt, der ganz ähnlich wie der erste eingefaßt war und eigentlich nur eine Verlängerung davon bildet. Er erreichte den Kai in der

Nähe der kleinen Brunnenstube b des ersten Filters. Sein Wasser wird von einer anderen zur Seite gelegenen kleinen Brunnenstube aufgenommen, durchkreuzt dann den Kai in einem gemauerten Aquäducte bkl und tritt endlich in den Wasserthurm.

Diese von Herrn de Montbel angegebene Leitungsrichtung hatte den Zweck, das dritte Filter ganz unabhängig von den beiden andern zu machen, ein Zweck, der dem Principe entsprach, alle Haupttheile unserer Wasserversorgung zur Sicherung gegen Unterbrechungen im Betriebe doppelt herzustellen.

Mit Hilfe von Verbindungsröhren zwischen den beiden kleinen Brunnenstuben und mit Hilfe von Schützen können die Wässer des ersten und dritten Filters, die für gewöhnlich auf zwei verschiedenen Wegen dem Wasserthurme zuströmen, entweder auf dem einen oder dem anderen dieser Wege hergeleitet werden, was die Reparatur ebenfalls sehr erleichtert.

Endlich hatte Herr Castel, der jetzige Wasserleitungsingenieur der Stadt, den Gedanken, den gemauerten Aquäduct bis in den Abzugscanal ein wenig oberhalb des Wasserthurmes zu verlängern und die Arbeiten von diesem Canale aus, dessen Boden 0,56 Meter tiefer als der des Aquäductes lag, zu beginnen. Hier hinein ergoß sich natürlich alles Wasser, welches man übrig hatte, indem es einen 700 Meter langen, mehr als 2 Meter unter dem Niveau des Flusses und in dem sandigen Ufer desselben gelegenen Graben durchlief. Ohne diese Communication würden nicht 20000 Fr. genügt haben, um das Wasser auszupumpen; mit derselben ließ sich der Boden, in welchem Gallerie und Aquäduct angebracht werden sollten, trocken legen und dadurch letztere sich besser und leichter ausführen; außerdem hatte man auch noch den großen Vortheil, das Wasser im Falle einer nothwendig werdenden Reparatur direct in den Canal leiten zu können, ohne genöthigt zu sein, den Betrieb zu unterbrechen und dem Maschinenbrunnen durch jene Reparatur schmutzig gewordenes Wasser zuzuführen.

Dieser außerordentliche Vortheil, dessen man bei den beiden ersten Filtern entbehrte, konnte ihnen durch einen zweiten kleinen Aquäduct verschafft werden, welcher direct nach der kleinen, ihre Wasser vereinigenden Brunnenstube führte. Durch eine sinnreiche Anordnung können diese Wasser allein oder mit dem des dritten Filters vereinigt, beliebig entweder in den Wasserthurm oder in den Abzugscanal gelassen werden.

Diese verschiedenen Arbeiten des dritten Filters haben 67871 Fr. gekostet.

Die Menge des erhaltenen Wassers ist ziemlich derjenigen der beiden andern Filter gleich.

Was die Qualität betrifft, so ist dieses Wasser vollkommen gut und klar, so lange die Garonne in ihrem Bette bleibt; allein bei Hochwasser, wenn sie den Boden, unter welchem die Ausgrabungen liegen, überfluthet, dringt ihr Wasser entweder durch nicht vollständig verschlossene Spalten oder durch nicht genügend ausgeglichene Erde und wird etwas trübe. Glücklicherweise versorgt aber alsdann das erste Filter, weil es unter stärkerem Drucke steht, den Betrieb vollkommen, und man kann sich jenes Wassers entledigen, indem man es direct in den Abzugscanal leitet.

Unter gewöhnlichen Umständen ist der einzige Vorwurf, den man diesem Filter machen kann, daß es in seinem Innern nicht ganz frei von unterirdischem Pflanzenwuchs ist; die abgerissenen Bestandtheile davon werden von dem Wasser oft bis in den Behälter des Wasserthurmes fortgerissen und müssen hier durch Drahtnetze zurückgehalten werden. Wenn es nöthig wäre, würde man sie auch noch unter der Erde durch Wehre zurückhalten können, die aus groben Kohlenstücken herzustellen sind und für welche in dem das Wasser des dritten Filters abführenden Aquäducte Platz gelassen ist; das Wasser würde darin auch die während seines Laufes aufgenommenen Keime zur Fäulniß absetzen können. Uebrigens hat man diese Keime noch nicht wahrgenommen und selbst die Ungehörigkeit bezüglich der Pflanzenfasern, welche anfangs ernster Natur war, hat sich bedeutend gemildert; sie ist an dem Wasser, welches vom Wasserthurme abfließt, absolut unbemerkbar.

Durch die drei erwähnten Filter ziehen wir den möglichsten Vortheil aus der Gabe, mit welcher uns die Natur durch Ablagerung einer Sandbank an dem unserm Wasserthurme gegenüberliegenden Ufer der Garonne beschenkt hat.

Wir entnehmen alles Wasser, das geliefert werden kann, und genießen, um mathematisch zu reden, das Maximum an Güte, wie das Maximum an Menge. Wir haben stets die uns erforderlichen 200 Wasserzolle = 4000 Cubikmeter. Das Wasser ist von vollkommener Klarheit und hat auf seinem unterirdischen Wege die Güte und Frische angenommen, welche es am Fuße hoher, ganz und gar durchsickerter Gebirge besitzt. Solche Vortheile sind unschätzbar; sie sind unserm Systeme der Wasserversorgung eigenthümlich und verleihen ihm unbestreitig den Vorrang vor denen aller anderen Städte.

Es ist nicht zu befürchten, daß die Sandbank später vom Flusse weggeführt werden werde, sie vergrößert sich vielmehr von Jahr zu Jahr; aber wenn es doch der Fall sein sollte, oder wenn die kleineren Canäle, durch welche das Wasser dringt, sich allmälig verstopfen und mit den Unreinigkeiten des Flusses vollsetzen sollten, so können wir dennoch zu einer künstlichen Filtration unsere Zuflucht nehmen. Um zu wissen, was in dieser Beziehung zu thun sein würde, hat die Commission von Anfang an den Architecten Raynaud zugezogen, der schon mehrere Wasserreinigungsapparate in der Stadt ausführte. Derselbe

arbeitete ein Project aus und reducirte durch besondere Anordnung den von gewöhnlichen Reinigungsanlagen in Anspruch genommenen Raum auf die Hälfte. Es geht aus diesen Plänen und Berechnungen hervor, daß ein künstliches Filter, welches man um den Thurm herum und längs der Straße anbringen könnte, pro Zoll gereinigten Wassers, also pro 20 Cubikmeter, einen Raum von 5 Quadratmetern einnehmen und 500 Fr. = 130 Thlr. kosten würde.

Zwei unserer 8 Pumpen, deren Durchmesser von 0,27 bis auf 0,48 Meter gebracht werden müßten, würden das Flußwasser auf die Filter werfen; nach erfolgter Reinigung würde es von den übrigen 6 Pumpen, die in ihrem jetzigen Zustande verblieben, in das vorhandene Bassin geleitet werden. Diese Arbeiten würden nur 150000 Fr. kosten, aber wir würden bedeutende jährliche Unterhaltungskosten aufwenden müssen und könnten nicht erwarten, so frisches Wasser im Sommer und so warmes im Winter, wie jetzt zu erhalten.

Stellen wir nochmals die Kosten zusammen, welche erforderlich waren, um 200 Zoll reines Wasser zu filtriren und zu heben, so ergiebt sich:

für Zuleitungs- und Abführungscanäle	169753 Fr.
für den Wasserthurm	91656 „
für die hydraulischen Maschinen . . .	105897 „
für die Filter	139598 „
	506904 Fr.
	= 133000 Thlr.

So weit d'Aubuisson. Er schrieb diesen Bericht im Jahre 1838. Mehrere Jahre später, nämlich etwa 1844 und demnach 15 Jahre nach Ingangsetzung der toulouser Filter, gaben Herr Cloosterman, der damalige städtische Wasserbaumeister, Herr Boucheport, Bergingenieur in Toulouse, und Herr Boisgiraud, Decan der Facultät der exacten Wissenschaften, die übereinstimmenden Gutachten ab, daß die Ergiebigkeit der Filter sich in keiner Weise vermindert habe und daß auch kein Umstand befürchten ließe, eine derartige Verminderung könne in Zukunft Platz greifen. Der erste dieser, eine besondere Autorität genießenden Herren, spricht sich namentlich auch darüber aus, daß die Qualität des Wassers eine unabänderlich vortreffliche sei, daß eine von ihm neuerdings vorgenommene Untersuchung der Beschaffenheit der Gallerie ergeben habe, wie auch nicht die geringste Ablagerung von erdigen oder schlammigen Bestandtheilen darin angetroffen würde und daß die Unterhaltungskosten fast gleich Null zu achten, Reparaturkosten aber gar nicht nöthig wären.

Diese Gutachten können in Dumont's: Les eaux de Lyon et de Paris, 1862, p. 147 und bruchstückweise in Fölsch's: „Bericht über die Wasserversorgung Dresdens, 1864, S. 193" nachgelesen werden.

Auf Grund derselben hat sich der Verfasser der erstgenannten Schrift als ausführender Ingenieur der lyoner Wasserwerke für ein natürliches Filtrationssystem entschieden und dasselbe zur Ausführung gebracht. Er spricht sich über die dabei erforderlich gewordenen Arbeiten und die dabei gesammelten Erfahrungen, soweit dieselben hier von Interesse sind, folgendermaaßen aus:

2) Das natürliche Filter in Lyon.

Um die 20000 für Lyon pro 24 Stunden erforderlich gehaltenen Cubikmeter Wasser zu filtriren, war ursprünglich eine Anlage gebaut, deren Einrichtung durch Fig. 3, Taf. 2 veranschaulicht wird. Sie besteht der Hauptsache nach aus einer Gallerie (einem unterirdischen Canale) abc, deren Länge 120, deren Weite im Lichten 5 Meter beträgt, und die mit einem Gewölbe abgedeckt ist, welches sich auf zwei 3 Meter unter dem Mittelwasser der Rhone gegründete Widerlager stützt. Sie hat demnach eine Filterfläche von 5 . 120 = 600 Quadratmeter.

Diese Gallerie erwies sich als ungenügend. Man stellte daher ein Filtrirbassin defg her, dessen innere Länge 44, und dessen lichte Breite 38,3 Meter betrug. Dasselbe liegt 3 Meter unter dem Mittelwasser der Rhone. Es ist mit einer Reihe von Gewölben aus Bruchstein überdeckt, welche von Pfeilern desselben Materials und von Widerlagern getragen werden, die nur im Niveau des Mittelwassers der Rhone fundirt sind. Die Böschungen werden durch eine Schicht von Steinen unterstützt, und haben 45 Grad Steigung. Eigentlich hätten auch diese Widerlager aus wasserdichtem Mauerwerk bis 3 Meter unter dem Mittelwasser des Flusses hergestellt werden sollen; allein das Bassin war schon durch die Filtergallerie von der Rhone isolirt und sollte nur das Quellwasser aufnehmen, welches von dem in der Nähe gelegenen Hügel herabfließt und bereits vollkommen klar ist. Die Erfahrung hat übrigens gelehrt, daß das Bassin in der That eben so reines Wasser, wie die Gallerie liefert.

Die filtrirende Oberfläche dieses Bassins hat eine Ausdehnung von 1600 Quadratmetern.

Es steht in freier Verbindung mit der Gallerie.

Auch dieses Bassin im Vereine mit der Gallerie reichte nicht aus, die verlangten 20000 Cubikmeter pro 24 Stunden zu liefern.

Es wurde daher beschlossen:

1) Ein neues Filtrirbassin herzustellen, welches 2168 Quadratmeter Oberfläche habe und demnach die gesammte Filterfläche der Anstalt auf 4368 Quadratmeter bringe;

2) eine Hilfsmaschine aufzustellen, welche stark genug sei, um in 24 Stunden 30000 Cubikmeter auf 4 Meter

Höhe zu heben und die Bedingung erfülle, den Unterwasserspiegel 3 Meter unter dem Mittelwasser der Rhone, ja sogar erforderlichen Falls noch niedriger zu halten.

Alle diese Arbeiten wurden im Laufe des Jahres 1859 ausgeführt.

Bezüglich der Beschaffenheit des Wassers der Gallerie und der Filterbassins ergab sich, daß dasselbe nach dem Verfahren von Boutron und Boudet im Allgemeinen, wenn auch nicht immer

$^1/_2$ Grad Kohlensäure,
1 Grad kohlensauren Kalk,
1 Grad andere als kohlensaure Kalksalze

mehr als das Wasser der Rhone enthielt und daß die Temperatur im Sommer 1857 war:

	der Rhone	der Galerie	des Reservoirs	
am 7. April	12,50	13,00	13,00	Grad.
am 21. April	13,00	12,00	12,00	„
am 1. Mai	9,25	11,00	10,75	„
am 18. Mai	18,00	13,00	13,00	„

Wenn die gesammte, 2200 Quadratmeter große Filterfläche der Gallerie und des ersten Bassins bei einem Stande der Rhone von einigen Decimetern über dem Mittelwasser allerdings die verlangten 20000 Cubikmeter lieferte, bei einem Stande unter dem Mittelwasser aber nicht ausreichte, sondern nur 10000 Cubikmeter gab, so rührte dieser Umstand, so fährt Dumont auf Seite 100 seiner Schrift fort, von folgenden Verhältnissen her:

Nehmen wir an, die Rhone befinde sich auf ihrem mittleren Stande; die Maschinen beginnen zu arbeiten und bewirken eine Depression des für Gallerie und Bassin gemeinsamen Wasserspiegels, welcher mit dem der Rhone natürlich nicht in directer, sondern nur in einer von der Durchdringlichkeit des Kiesbodens vermittelten Verbindung steht.

Diese Depression zieht das Wasser der Rhone an, welches in die Gallerie und in das Bassin durch sein Eigengewicht gelangt, indem es den Kies durchdringt. Dieses Wasser filtrirt sich in den ersten Schichten des Flußbettes, welche fortwährend gewaschen und erneuert werden. Es ist also ein natürliches Filter, welches sich selbst reinigt und keine Verstopfung befürchten läßt, weil die einzigen schmutzigen Partien nur im Flußbette liegen und von der Strömung der Rhone ausgewaschen werden. Die Ergiebigkeit dieses Filters ist abhängig von der Durchdringlichkeit der Oberfläche des Bodens und von der Depressionshöhe.

Das Experiment lehrt, daß der Einfluß der letzteren auf die gelieferte Wassermenge unvergleichlich stärker ist, als der der ersten; daher kommt es, daß dieselbe Oberfläche, welche zur Zeit des Mittelwassers ungenügend ist, vollkommen ausreicht, sobald die Rhone um einige Decimeter wächst.

Während das filtrirte Volumen mit der filtrirenden Oberfläche kaum proportional sich vermehrt, wächst es mit der Depressionshöhe in fast geometrischer Progression. Dieses ist das Grundprincip, welches nie außer Acht gelassen werden sollte.*)

Zur Zeit des Niederwassers haben wir dahin gestrebt, die Depression in der Gallerie und in dem Bassin so weit als möglich zu treiben. Aber diese veränderliche und oft beträchtliche Depression ist nicht ohne schädlichen Einfluß auf den Gang der Maschinen. Um diesem schädlichen Einflusse zu begegnen, hat die Behörde die Aufstellung einer Hilfsmaschine verlangt, welche das Wasser direct in die Filter pumpt, um es in die Brunnen der großen Maschinen, deren Niveau dann unveränderlich und von dem Stande des Flusses unabhängig sein würde, zurückzuwerfen.

Diese Unveränderlichkeit wird beträchtliche Vortheile sowohl bezüglich der Oekonomie als der Sicherheit gewähren. Die Maschinen, für einen unveränderlichen Wasserstand einmal regulirt, werden einen stets identischen Dienst haben; Gefahr für Stöße und Brüche wird nicht mehr vorhanden sein; es wird möglich werden, den Dampf in den stärksten Verhältnissen zu expandiren, und es wird hieraus eine bedeutende Brennmaterialersparniß sich ergeben.

Im äußersten Falle würde diese Maschine, ohne daß man die jetzige Filterfläche vermehrt, genügen, um zur Zeit das Mittelwasser 20000 Cubikmeter bei einer Depression des Wasserspiegels von 2,5 Meter zu liefern.

Aber diese starke Depression ist nicht ohne Nachtheil hinsichtlich der Solidität der Umfangsmauern und hinsichtlich der Vollkommenheit der Filtration; praktisch ist es, 2 Meter Depression nicht zu überschreiten; daher schlage ich vor, mit der Aufstellung einer neuen Maschine auch eine Vergrößerung der Filterfläche zu verbinden.

Diese Filterfläche würde auf 4368 Quadratmeter durch Herstellung eines neuen Filterbassins von 2168 Quadratmeter Fläche zu bringen sein, und bei einer Depression des Wasserspiegels von 2 Meter ein Volumen von 25000 Cubikmeter liefern.

Der Brunnen wird übrigens um 4 Meter unter Mittelwasser eingegraben, das Bassin um 3 Meter; ersterer wird alsdann leicht alles Wasser des ganzen Filtersystemes aufnehmen können.

Da die Canalisation fähig ist, ein viel größeres Volumen als 20000 Cubikmeter zu vertheilen, so sieht man, daß Alles in der Einrichtung der lyoner Wasserversorgung proportionirt ist.

Das neue Filterbassin Nr. 2 wird neben dem alten angebracht (Fig. 3).

Die Herstellung dieses Bassins und die Aufstellung der

*) Siehe meine hierüber später folgende Kritik.

Hilfsmaschine, fährt Dumont auf Seite 115 seines Werkes fort, wurde im Laufe der Jahre 1859 und 1860 vorgenommen. Der Erfolg war ein vollkommener, ausgenommen, daß das Spiel der Maschine durch einen Unfall beeinträchtigt wurde.

Kaum hatte nämlich diese Maschine zu arbeiten angefangen, als im Filterbassin Nr. 2 ein Einsturz bemerkt wurde, und die Maschine angehalten werden mußte; die Ursachen dieses Einsturzes erklärten wir folgendermaaßen.

Als man sich für die Aufstellung der Maschine entschied, so geschah es zu dem Zwecke, um die Filtrationskraft sämmtlicher Filter zu vergrößern, indem man die Saughöhe der großen Maschinen verringerte. Da man die Depression des Wasserspiegels vermehrte, so ist es klar, daß sich die Ergiebigkeit der Filter in geometrischer Progression steigern mußte.

Die Erfahrung hat diese Voraussetzungen bestätigt, denn während der wenigen Tage, während welcher die Hilfsmaschine arbeitete, hat sie äußerst kräftige Filtration hervorgebracht; aber diese Erfahrung hat gleichzeitig eine neue Thatsache zum Vorschein gebracht, nämlich die, daß solche Filtrationen nicht ohne Gefahr für die sehr nahe gestellten Pfeiler des überwölbten Bassins vorgenommen werden können.

Alle Ingenieure oder gelehrten Körperschaften, welche sich mit obschwebender Frage beschäftigt haben, sind der Ansicht, daß die Kiesmassen, in denen die Filter eingegraben werden, eine bedeutende Homogenität besitzen, und es ist ganz natürlich so zu glauben, da diese Kiesmassen äußerlich sehr viel Regelmäßigkeit zeigen. Man würde daher versucht sein, zu meinen, daß die Filtration auf der ganzen Oberfläche ziemlich gleichmäßig vorgehen und daß sich keine Strömungen bilden würden. Allein die angeschwemmten Massen der Rhone sind mitunter von Gängen durchzogen, die sich mit feinem Sand und Schlamm vollgefüllt haben. Wenn solche Adern in der das Flußbett und das Bassin trennenden Masse vorkommen, so ist es klar, daß starke Depressionen des Wasserspiegels Strömungen verursachen müssen und daß, wenn diese Strömungen unter den Gewölbepfeilern hinführen, die Stabilität dieser Pfeiler beeinträchtigt wird.

Dies war die Ursache des genannten Unfalles.

Zufolge dieser und der mit den großen Maschinen und deren gepflasterten Pumpbrunnen gesammelten Erfahrungen ist man jetzt zu der Ueberzeugung gelangt:

1) Daß beträchtliche Niveauunterschiede zwischen Filter und Fluß oder, was dasselbe ist, starke und rasche Aspirationen in bedeutendem Grade die Ergiebigkeit des Filters vermehren.

2) Daß aber diese starken Aspirationen nur in Räumen oder Bassins, seien dieselben offen oder überdacht, vorgenommen werden dürfen, welche nicht auf innern Pfeilern ruhen.

3) Daß es überdies nöthig ist, die diese starken Aspirationen bewirkenden Maschinen in eine gewisse Entfernung von den Filterbassins aufzustellen, um die Stabilität dieser Maschinen unabhängig von den Höhlungen oder leeren Räumen zu machen, welche sich in den filtrirenden Massen bilden können.

Auf diese künftighin unbestreitbaren Grundsätze mich stützend schlug ich vor, das Filtrirsystem durch Herstellung einer neuen Gallerie zu vervollständigen, zu diesem Zwecke längs der Rhone etwas oberhalb der jetzigen Anlage einen Streifen Land von 400 Meter Länge zu erwerben, um darin eine Gallerie von 20 bis 30 Meter oberer Breite anzubringen. Diese Gallerie würde nach der Flußseite hin durch einen gepflasterten Damm zu schützen sein, der aus dem aus der Grube entnommenen Kies hergestellt und mit einer leichten Bedachung versehen werden kann.

Da die Hilfsmaschine ihre ursprüngliche Bestimmung nicht erfüllen kann, so würde sie bei der Herstellung des neuen, ganz trocken zu legenden Bassins zum Auspumpen und nachher als Reservemaschine und zur Förderung des Wassers in die Pumpbrunnen der großen Maschinen verwendet werden können.

Die Kosten einer derartigen Anlage können in folgender Weise geschätzt werden:

Erwerbung von $2\frac{1}{2}$ Hectaren (= 25000 Quadratmeter) Land, das Quadratmeter zu 3,6 Fr.	90000 Fr.
Die Ausgrabung von etwa 100000 Cubikmet.	100000 „
Kosten für Ueberdeckung und Pflasterung	210000 „
Summa	400000 Fr.

Für 8000 Quadratmeter Gallerie.

Die totale Filterfläche würde hierdurch auf 12368 Qu.-Meter gebracht sein. Vorausgesetzt, die Liefermenge pro Quadratmeter betrüge zur Zeit des Mittelwassers nicht mehr als 2,5 Cubikmeter, so würde man immer auf 30000 Cubikmeter filtrirtes Wasser rechnen dürfen.

Die städtische Behörde stimmte mit diesen aus der Erfahrung hergeleiteten Vorschlägen überein und wollte die Ausführung der betreffenden Arbeiten durch einen beträchtlichen Zuschlag zu dem Abonnementpreis erleichtern.

Aber leider fanden diese Rathschläge bei der Wasserleitungs-Gesellschaft doch kein Gehör. —

Soweit Dumont in seinem Berichte über die lyoner Wasserwerke, aus welchem ich das Vorstehende ziemlich wortgetreu und fast ohne irgend welche Weglassung excerpirt habe, um den Leser tiefer in die Verhältnisse einzuführen.

Es mögen nun noch einige später von Dumont geäußerte Ansichten und Urtheile, wie einige Berechnungen folgen, welche er über den Kostenbetrag der natürlichen und künstlichen Filtration anstellt. Auf Seite 157 sagt er:

— — — aber die natürliche Filtration hat nicht nur den Vortheil, ohne Unterbrechung wirksam zu sein, sondern sie hat auch den Vorzug einer beträchtlichen Oekonomie.

Es ist dies durch die Vorgänge in Lyon leicht zu zeigen. Das gegenwärtige Filtrationssystem, bestehend aus der Gallerie und aus zwei Bassins von zusammen 4368 Quadratmeter Filterfläche, hat in Wirklichkeit 650000 Fr., also pro Quadratmeter 150 Fr. (in runder Summe) gekostet.

Obschon dieses System noch nicht ganz vollkommen ist, so zeigt doch eine fünfjährige Erfahrung, daß es im Minimum bei den tiefsten Wasserständen 10000 und, wenn der Fluß nur einige Decimeter über diesen Stand sich erhebt, 20000 Cubikmeter pro Tag liefern kann. Uebrigens nimmt dieses Volumen sehr schnell zu, und die Filter liefern alles Wasser, welches man von ihnen verlangen kann, sobald der Fluß mehr als 1 Meter über Niederwasser steht. Da indessen dieser letzte Umstand nur während weniger Tage eintritt, so wird man den Gegnern der natürlichen Filtration gegenüber annehmen müssen, daß pro Jahr nur 7 Millionen Cubikmeter filtrirt werden, nämlich:

30 Tage Niederwasser à 10000 Cubikmet. . .	300000
335 Hoch- und Mittelwasser à 20000 C.-M.	6700000
	7000000.

Da nun außer der Amortisation der 650000 Fr. Anlagecapital keine sonstigen Kosten hinzukommen, indem Unterhaltung und Reparatur gar nicht nöthig sind, und da diese Amortisation einem jährlichen Geldaufwande von 50000 Fr. gleich geschätzt werden muß, so berechnet sich hiernach der Preis für die Filtration von 1 Cubikmeter Wasser zu 0,007 Fr. = 0,56 Pfennig. —

In seinem Berichte über die Wasserversorgung von Paris spricht sich Dumont bezüglich der Filtration folgendermaaßen aus. Nachdem er von Seite 244 an die Erfahrungsdaten zusammengestellt hat, welche in England in Betreff der künstlichen Filtration gesammelt wurden, und nachdem er daraus gefunden hat, daß die jährlichen Kosten derselben, incl. Amortisation des Anlagecapitals, pro Cubikmeter filtrirten Wassers nur 0,005 Fr. = 0,4 Pfennig betragen, fährt er wörtlich fort:

Wir haben bei Erörterung der lyoner Wasserwerke gesehen, daß die dortige natürliche Filtration pro Cubikmeter 0,007 Fr. kostete; die Rechnung, welche zu dieser Ziffer führte, setzte zwar voraus, daß man mit dem dortigen System während 335 Tage des Jahres nur 20000 Cubikmeter täglich auspumpen könnte, was wohl hinter der Wirklichkeit zurückbleibt, da die Ergiebigkeit dieser Filter, wenngleich sie mit der Abnahme der Flußwasserstände sehr schnell sich vermindert, mit geringem Wachsthume derselben in starken Verhältnissen gesteigert wird.

Allein sei Dem, wie ihm wolle, so muß man doch daraus, wie aus dem jetzigen Standpunkte der englischen Praxis schließen, daß die in großem Maaßstabe ausgeführte künstliche Filtration nicht mehr kostet, als die unter den günstigsten Bedingungen ausgeführte natürliche, und diese künstliche Filtration hat den Vorzug, ganz unabhängig von dem Zustande des Flusses zu sein, während die natürliche allen Veränderungen desselben unterworfen ist. Es ist wahr, daß die natürliche Filtration gegenüber ihrer Rivalin den Vortheil gewährt, mindere Mühewaltung zu erfordern, weil sie, einmal eingerichtet, ohne weiteres Zuthun fortwirkt.

Aber die Unzuträglichkeit derselben, sagt Dr. Clarke in seinem Gutachten, besteht darin, daß das Niveau des Filters constant ist, während das des Flusses sich verändert, so daß im Sommer, wo das Wasser gerade am nothwendigsten ist, nur geringer Druck auf das Filter geübt wird, während bei der in großem Maaßstabe ausgeführten künstlichen Filtration die Liefermenge constant erhalten werden kann, der Fluß mag einen Zustand haben, welchen er wolle. Diese Methode, welche der englische Ingenieur „Methode von Lancashire" nennt, weil sie zuerst in den großen Anlagen dieser Grafschaft angewendet wurde, ist, sagt Derselbe, die beste, die billigste und die praktischste; sie ist besonders wegen der Billigkeit ihrer Construction und wegen der Leichtigkeit der Reinigung empfehlenswerth. In ihrer Anwendung giebt es keine Grenze; die Manipulationen sind so einfach auszuführen, und die Wirkung ist so kräftig, daß mit ihr jedes beliebige Volumen filtrirt werden könnte.

Sei Dem indessen, wie ihm wolle, so muß man je nach den Vortheilen und Unzuträglichkeiten das eine oder das andere der beiden Systeme wählen. —

Ferner spricht sich Dumont in einem von der Akademie der Wissenschaften in Paris gehaltenen Vortrage über die Filtration folgendermaaßen aus:

Ich erinnere daran, daß man zwei Systeme der Filtration anwendet, das natürliche und das künstliche. Die Wahl des einen oder des anderen hängt von den besondern örtlichen Verhältnissen ab. Wenn der Fluß über ein Bett von Kies und Sand mit starkem Gefälle hinfließt, wie die Garonne bei Toulouse, die Rhone bei Lyon, die Donau bei Wien, so wird die natürliche Filtration gelingen; im entgegengesetzten Falle wird man die künstliche Filtration wählen. Jedes dieser Systeme zeigt übrigens eigenthümliche Vor- und Nachtheile.

Wenn es bei der natürlichen Filtration nicht nöthig ist, eine Reinigung des Filters vorzunehmen, wenn dieselbe vielmehr durch den Fluß selbst vorgenommen wird, so ist man andererseits nicht im Stande, den Druck auf die Filter beliebig zu vermehren. Dieser Druck vermindert sich aber

in dem Maaße, als der Fluß seinem Tiefstande sich nähert, so daß das filtrirte Volumen um so geringer wird, je niedriger der Fluß ist. Bei der künstlichen Filtration muß man allerdings von Zeit zu Zeit die Filter reinigen, braucht aber dazu keine beträchtlichen Kosten aufzuwenden. Die Praxis besitzt heut zu Tage zwei leichte und durch mehrjährige Erfahrung bewährte Reinigungsarten, nämlich 1) die Wegräumung der dünnen schlammigen Schichten, welche sich auf der Oberfläche des Filters abgesetzt haben, durch Menschenhand; 2) die Wegräumung derselben durch eine Gegenströmung, bei welcher man das Wasser am unteren Theile der Filter zuleitete. Mitunter wendet man beide Methoden gleichzeitig an, wie z. B. zu Paisley in Schottland; die einfache Wegräumung der oberen Schichten ist bei einer großen Anzahl von Anlagen Englands in Gebrauch.

Experimente haben gezeigt:

1) daß das Wasservolumen, welches durch eine Sandschicht dringt, dem Drucke direct und der Schichtdicke verkehrt proportional ist;

2) daß nach Hindurchgang eines großen Volumens unreinen Wassers, die unreinen Bestandtheile, sie mögen so klein sein, als sie wollen, nicht tiefer als 2 Centimeter in die Oberfläche eindringen, und daß in einer Tiefe von 15 Centimetern auch nicht die mindeste Verunreinigung des Sandes entdeckt werden kann.

Diese letzte Thatsache erklärt, weshalb die natürlichen Filter sich nie verstopfen; denn diese geringe Schichtdicke, welche sich auf dem Boden des Flußbettes ablagert, wird durch die Strömung fortwährend gereinigt und erneuert; sie zeigt ferner, daß es nicht nöthig ist, den künstlichen Filtern eine stärkere als 20 Centimeter dicke Sandschicht zu geben, vorausgesetzt, daß man Sorge trägt, die Oberfläche von Zeit zu Zeit zu erneuern; daß es endlich möglich ist, die den Sand unterstützende Schicht um einige Centimeter zu vermindern.

Als Herstellungspreis sowohl für Hebung des Wassers durch Dampfmaschinen, wie für die Reinigung desselben in größerem Maaßstabe kann man als Mittelwerthe annehmen:

1) Die Hebung pro Cubikmeter auf 50 Meter Höhe kann zu 1 Centime = 0,08 Gr. = 0,8 Pfennig (sächs.) veranschlagt werden. Dieser Betrag wächst wenig mit der Höhe.

2) Die künstliche Filtration kostet bei mehreren großen Anlagen nicht mehr als 0,8 Centimes = 0,64 Pfennig, incl. der jährlichen Kosten für Unterhaltung, Erneuerung der filtrirenden Schichten, Hebung des Wassers auf die Filter, und Zinsen für das Anlagecapital. Die natürliche Filtration, so wie ich sie in Lyon ausgeführt habe, kostet 0,7 Centimes = 0,56 Pfennig (pro Cubikmeter).

Hieraus folgt:

Daß auf dem Standpunkte, auf welchem sich heut zu Tage die Praxis befindet, die künstliche Filtration fast ebenso billig ist, als die natürliche; daß sie außerdem den Vorzug hat, dehnbarer zu sein, je nach den Erfordernissen besser geregelt werden zu können, und den Launen eines Flusses, den man nie beherrscht, sich nicht zu unterwerfen. —

(Fortsetzung folgt.)

Reisenotizen über einige eiserne Brücken am Rheine.

Von

Dr. E. Winkler, Lehrer an der polytechnischen Schule in Dresden.

(Hierzu Tafel 3 bis 7.)

Im Folgenden erlaube ich mir, Notizen und Zeichnungen von vier eisernen Brücken am Rheine mitzutheilen; nämlich von der Brücke über die Nahe bei Bingen, über die Mosel bei Coblenz, über die Lahn bei Niederlahnstein und über den Rhein bei Coblenz. Die beiden ersteren zeigen zwar eine bekanntere Construction, bieten aber doch auch manches Neue.

Die Zeichnungen sind nach Skizzen angefertigt, welche ich unter Beihilfe des bisherigen polytechnischen-Schülers, Herrn Leichsenring, gesammelt habe. Eine unbedingte Richtigkeit aber in allen einzelnen Theilen kann ich nicht verbürgen.

1. Brücke über die Nahe bei Bingen.

(Hierzu Tafel 3 und 4.)

Dieselbe ist von der preußischen Rheinbahn und der hessischen Ludwigsbahn gemeinschaftlich gebaut. Sie hat 3

Oeffnungen von je 34,53 Meter = 121,9 Fuß sächs. lichter Weite, welche mit nicht continuirlichen Gitterträgern überspannt sind. Es sind für zwei Geleise nur 2 Träger angeordnet. Die Pfeiler sind dazu eingerichtet, noch eine zweite, ebenso breite, Brücke aufnehmen zu können.

Die Construction der Gurte bietet nicht Neues; die Anzahl der Gurtbleche wechselt je nach der Beanspruchung zwischen 1 und 3.

Die Gitterstäbe, und zwar sowohl die gedrückten als die gezogenen, haben einen T förmigen Querschnitt. Bei den meisten anderen Brücken, bei welchen ein T förmiger Querschnitt zur Anwendung gekommen ist, sind wenigstens die gezogenen Stäbe aus Flacheisen hergestellt. Es fragt sich nun, welches dieser beiden Systeme das zweckmäßigste ist.

Beide Lagen von Gitterstäben aus Flacheisen herzustellen, ist, wie viele Ingenieure längst anerkannt haben, verwerflich, wenigstens bei größeren Brücken. Selbst wenn man verticale Steifen anbringt, was auch meist geschehen ist, sind die gedrückten Stäbe nicht im Stande, dem Drucke genügenden Widerstand zu leisten. Nicht mit Unrecht vergleicht Schwedler diese Brücken mit lahmen Männern, welche, da ihnen die Beine den Dienst versagen, der Krücken bedürfen (Civilingenieur 1859, Seite 122). Viel zweckmäßiger ist es, den gedrückten Stäben einen Querschnitt zu geben, welcher eine größere Steifigkeit gegen Einknicken bietet, wozu sich bei kleineren Brücken besonders der T förmige Querschnitt empfiehlt. Da das Schmiedeeisen gegen Zug und Druck ziemlich gleich große Festigkeit bietet, so müssen die gezogenen Stäbe nahezu denselben Querschnitt erhalten, wie die gedrückten. Macht man nun aber die gezogenen Stäbe aus Flacheisen, die gedrückten aus T-Eisen, so erhalten die ersteren etwas unförmliche Querschnittsdimensionen; sie werden entweder sehr breit, oder sehr dick. Dies ließe sich umgehen, wenn man die gezogenen Stäbe näher an einander legte, als die gedrückten, was aus ästhetischen Rücksichten nicht rathsam ist. Deshalb ist es wohl zu empfehlen, beiden Lagen von Gitterstäben denselben Querschnitt zu geben. Man erreicht hierdurch auch noch den Vortheil, daß die gedrückten noch sicherer durch die gezogenen Stäbe vor dem Einknicken bewahrt werden. Verticale Steifen sind dann natürlich nicht nöthig, wenn solche nicht zur Anbringung der Querträger nöthig werden, wie es hier der Fall ist.

Die Gitterstäbe haben je nach der Beanspruchung verschiedene Stärke. In Fig. 9, Tafel 4, ist der stärkste und schwächste Querschnitt dargestellt.

Häufig macht man die gezogenen Stäbe auch deshalb von Flacheisen, weil die Rippen der T-Eisen bei Anbringung der Querträger etwas im Wege sind. Man legt deshalb alle Flacheisenstäbe nach innen. Dann aber wird an den Stellen, wo die Beanspruchung der Stäbe auf Zug und Druck wechselt, eine mißliche Auswechselung nöthig, welche man, wenn beide Lagen von Stäben einen T förmigen Querschnitt erhalten, ganz umgeht. Die Winkeleisen zur Befestigung der Querträger werden dann freilich von den Gitterstäben unterbrochen, wie Fig. 10, Taf. 4 zeigt; jedoch ist diese kleine Schwierigkeit, welche dieses System mit sich führt, gegen seine Vortheile wohl zu übersehen.

Die Nieten, welche einen Gitterstab an den Gurten befestigen, müssen zusammen nahezu dieselbe Querschnittsfläche haben, wie der Gitterstab, um gegen Abscheeren eine gleiche Sicherheit zu bieten. Bei den stärkeren Gitterstäben müßte hiernach allerdings die Anzahl der Nieten sehr groß sein. Da dies ein sehr breites Mittelblech in den Gurten nöthig machen würde, so ist, um dies zu umgehen, an den Enden der Stäbe noch ein Blech angenietet, um eine Gabel zu bilden, welche das Mittelblech umfaßt; denn hierdurch wird die Abscheerungsfläche der Nieten verdoppelt, oder die Nieten werden, wie man zu sagen pflegt, doppelschnittig.

An jedem Ende der Träger ist noch eine besondere verticale Steife cd, Fig. 3, Tafel 4 eingeschaltet. Diese wird allerdings deshalb nöthig, weil sonst die äußerste verticale Steife ab, da sie durch die zwei an ihr befestigten Gitterstäbe sehr stark auf Bruchfestigkeit beansprucht wird, sehr stark sein müßte. Ferner ist bei einer Belastung der Brücke leicht möglich, daß die Träger nur nahe an der inneren Kante der gußeisernen Unterlagsplatten aufliegen; dann aber würde, wenn die Steife cd nicht vorhanden wäre, das äußerste Stück des untern Gurtes sehr stark auf Bruchfestigkeit beansprucht.

Die Querschwellen ruhen auf vier Schwellenträgern. Bemerkens- und empfehlenswerth ist hierbei die Verbindung derselben mit den Querträgern, welche sehr häufig fehlerhaft construirt ist. An den Querträgern sind verticale Winkeleisen angenietet, welche auch mit beiden Gurten der Querträger vernietet sind, was jedenfalls sehr zweckmäßig ist, aber doch häufig nicht geschieht. Werden diese verticalen Winkeleisen nur mit der Blechwand der Querträger vernietet, so ist bei einseitiger Belastung der Schwellenträger ein Einbiegen der Blechwand zu befürchten. Noch kräftiger wird dies hier durch die dreieckigen Blechstücken verhindert, welche zur weiteren Unterstützung der Schwellenträger angeordnet sind.

Bewegliche Lager sind nicht angeordnet.

2. Brücke über die Mosel bei Coblenz.

(Tafel 5, 6 und 7.)

Diese ebenfalls zur preußischen Rheinbahn gehörige Brücke hat 4 Oeffnungen von 41,43 Meter = 146,3 Fuß sächs. Lichtweite, von denen je zwei durch continuirliche Gitterträger überspannt sind, und außerdem 6 gewölbte Bogen von 15,69 Meter = 55,4 Fuß sächs. Spannweite.

Die Pfeiler an den Enden der eisernen Brücke haben fortificatorisch eingerichtete Thürme erhalten.

Die Eisenconstruction ist ziemlich dieselbe, wie bei der vorigen Brücke, jedoch kommen einige wesentliche Verschiedenheiten vor.

Die über den Pfeilern eingeschalteten Verticalsteifen sind bei der vorigen Brücke durch die Streben unterbrochen worden; hier gehen die Verticalsteifen durch und unterbrechen die Streben. Die beiden Theile der Streben sind, wie Fig. 1 und 5, Taf. 7, zeigt, durch starke Laschen mit einander verbunden.

Ganz besonders zweckmäßig sind die Laschenbleche zur Deckung der Stöße in den Gurten angeordnet. In Fig. 4, Tafel 6 ist die Ordnung dargestellt. Die Stoßbleche für solche Stellen, an denen der Gurt auf Druck beansprucht wird, sind viel kürzer und haben viel weniger Nieten erhalten, als für solche Stellen, an denen der Gurt auf Zug beansprucht wird. Man findet diese jedenfalls empfehlenswerthe Anordnung selten.

Bei der vorigen Brücke sind Querschwellen, welche auf Schwellenträgern ruhen, angeordnet; hier dagegen sind Langschwellen vorhanden, welche unmittelbar auf den Querträgern ruhen. Die Querträger haben aber unter sich eine Verbindung durch einen schwachen Gitterträger erhalten.

Auch die Windstreben sind abweichend von der gewöhnlichen Construction aus Winkeleisen gebildet.

(Fortsetzung folgt.)

Ueber die Ergebnisse der verschiedenen auf den ehemaligen Eisenbahnlinien der Rhone und Loire angewendeten Betriebsmethoden.

Von

Bousson, ehemaligem Eisenbahndirector.

(Nach den Annales des ponts et chaussées, 4. sér., 3. ann., 3. cah.)

Die Frage über die Möglichkeit, gewisse Eisenbahnen in einer minder kostspieligen Weise herstellen zu können, und über die Erhöhung der Betriebskosten, welche durch starke Steigungen und Curven bewirkt werden dürften, ist der Gegenstand zahlreicher Erörterungen gewesen, welche sich jedoch großentheils auf ausländische Eisenbahnen bezogen und gewöhnlich der gehörigen, auf längere Beobachtungen gestützten Unterlagen entbehrten. Deshalb dürfte es kein unnützes Bemühen sein, wenn ich hier die verschiedenen Phasen vorführe, durch welche die ehemaligen Rhone- und Loire-Bahnen hindurchgegangen sind, und die dabei erzielten verschiedenen praktischen Ergebnisse darlege, welche auf diesen im J. 1833 und schon früher begonnenen und ziemlich große Verschiedenheiten bezüglich der Gefälle, Curven, Schienenstärken und Maschinen bietenden Bahnen gesammelt worden sind. Während nämlich die Eisenbahn von St. Etienne nach Lyon in bewunderungswürdiger Vorahnung der Fortschritte, welche später die Locomotive bringen würde, durch Hr. Marc Seguin mit gleichförmigen Steigungen zwischen den wichtigsten Stationen und mit Curven von 500 Meter Radius angelegt worden war, so folgte die einige Jahre früher gebaute Eisenbahn von St. Etienne nach Andrézieux gewissermaaßen dem natürlichen Gefälle und zeigte durchaus Curven von 100 Meter Radius, weil man gar nicht daran dachte, daß sie jemals anders als mit Pferden betrieben werden würde. Und die Linie von Andrézieux nach Roanne stieg wieder, nachdem sie die Ebene du Forez mit geringen Steigungen durchsetzt hatte, auf das diese Ebene von Roanne trennende Gebirge mittelst abwechselnder Horizontalen und schiefer Ebenen hinauf, welche mit der Absicht angelegt waren, das Gefälle auf gewissen Stellen zu concentriren, um diese dann mittelst stehender Maschinen zu überwinden.

Alle diese Absonderlichkeiten sind nun verschwunden in Folge von Vergrößerungs- und Regulirungsarbeiten, aber die ältesten Eisenbahncompagnieen, deren Capital ein sehr beschränktes war, haben viele Jahre hindurch den Betrieb auf diesen Bahnen in ihrem ursprünglichen Zustande nicht vermeiden können. Daher kam es, daß man auf Bahnstrecken mit Steigungen von 0 bis 51 auf 1000 und mit Curven

von 100, 200, 300 Met. Radius, welche streckenweise regelmäßig angewendet waren, anfangs den Betrieb mit Pferden, später auf geneigten Ebenen von 43 bis 66 auf 1000 den Betrieb mit stehenden Maschinen und Seilebenen einführte. Die schwachen Locomotiven, deren Benutzung sich ursprünglich bis 1843 nur auf Bahnstrecken mit höchstens $^{6}/_{10}$ Procent Steigung beschränkte, wurden nach und nach verbessert und zuerst bei Curven von 200 Met. Radius, dann bei solchen von 100 Met. Radius und auf Steigungen von 10, 15, 18 bis 30 auf 1000, ja ausnahmsweise selbst bei schiefen Ebenen von 3,5, 4,3 und 5 Procent Steigung für anwendbar erachtet. Nachträgliche Rectificationsarbeiten machten endlich die Verwendung starker Maschinen möglich.

Die Vorführung der beim regelmäßigen Betriebe unter so verschiedenen Verhältnissen bezüglich der Motoren und der Bahntracirung erzielten Resultate dürfte geeignet sein, Unterlagen zur Vergleichung und Veranschlagung der Kosten für das Zugmaterial, die Unterhaltung der Bahn, des Betriebes und der Anlage zu geben und zwar

1. für Pferdebahnen,
2. für Bahnen mit stehenden Maschinen und Seilebenen,
3. für den Betrieb mit Locomotiven der verschiedensten Art, von den schwächsten bis zu den stärksten.

Wir werden bei dieser Gelegenheit auch die Kosten kennen lernen, welche aus dem Hinablassen von Zügen auf sehr steilen schiefen Ebenen erwachsen, und die Vorsichtsmaaßregeln, welche hierbei erforderlich sind, ferner werden wir bezüglich der Leistungsfähigkeit der Locomotiven die Grenzen aufsuchen können, zwischen denen auf den verschiedenen Linien der Rhone- und Loire-Bahn die Adhäsion der Maschinen variirte, sowie die zulässige mittlere Belastung der Maschinen und die mittlere Adhäsion, auf welche man rechnen kann.

I. Betrieb mit Pferden.

Ursprünglich fand auf den Bahnen von Saint Etienne nach Lyon und nach Roanne für Kohlenzüge, wie für den Personenverkehr Pferdebetrieb statt, erst im Jahre 1863 wurden durch Marc Seguin die ersten Maschinen auf der eine Steigung von 1 : 2000 besitzenden Strecke zwischen Lyon und Givors und noch später auf der Steigung von 6 auf 1000 zwischen Givors und Rive de-Gier eingeführt.

Um dieselbe Zeit erhielt die Bahn zwischen Andrézieur und Roanne von Stephenson und Jackson die ersten Maschinen mit vier gekuppelten Rädern, welche zum Transport der Kohlen in der Ebene du Forez zwischen Balbigny und la Renardière bestimmt waren. Auf dieser letzteren Linie erfolgte der Betrieb der stärkeren Steigungen von 3 bis 5 Procent, mittelst deren der gebirgige Theil überstiegen wurde, noch mittelst stehender Maschinen, da aber die Eine von ihnen, diejenige auf der schiefen Ebene von Neulize, im J. 1836 durch eine Explosion zerstört wurde und die finanziellen Mittel zur Erneuerung dieser Maschine für den Augenblick fehlten, so betrieb man diese schiefen Ebenen ein Decennium hindurch mit Pferden.

Ueber diese Linien habe ich bereits im 7. Bande der 2. Reihe der Annales des ponts et chaussées einen Artikel veröffentlicht, welcher die bis zum J. 1843 auf den verschiedenen Steigungen der Eisenbahn nach Roanne ausfallenden Zugskosten pro Tonnen-Kilometer netto bei den Gütern und pro Tonnen-Kilometer brutto bei den Personenwagen angiebt, und zwar unter den Bedingungen, wie damals der Betrieb stattfand, nämlich mit 90 Procent nützlicher Last an Kohlen und Gütern in der Richtung von Saint Etienne nach Roanne und mit 10 Procent nützlicher Last in der entgegengesetzten Richtung. Auf diesen Aufsatz kann ich bezüglich der Zugskosten und der Gefällverhältnisse verweisen, und will dagegen hier von einem andern Gesichtspunkte ausgehen. Ich werde nämlich nach den Ergebnissen eines längeren Betriebes die dynamische Arbeit, welche von den auf der Eisenbahn verwendeten Pferden geleistet wurde, ferner die Gestehungskosten dieser Arbeit und endlich die Kosten pro Tonne brutto und 1 Kilometer Weg zu ermitteln suchen.

§. 1. Betrieb mit geringer Geschwindigkeit.

Meistentheils fand das Fortschaffen der Züge mit Pferden nur in der einen Richtung statt, indem die Züge durch ihr eigenes Gewicht auf den schiefen Ebenen hinabliefen, auf einigen Strecken wurde jedoch auch von den zurückkehrenden Pferden eine geringere oder größere Arbeit verlangt.

Benutzung der Pferde blos in einer Richtung. — Zwischen den Stationen l'Hôpital und Saint Symphorien zeigte die erste Anlage der Eisenbahn von Roanne nach Andrézieur auf 7400 Meter Länge eine fast gleichförmige Steigung von 1 Procent. Diese Strecke legte ein Pferd täglich im Durchschnitt zwei- und einhalbmal aufwärts und abwärts zurück, und zwar rückwärts im Laufe. Dabei zog es drei leere Wagen à 1400 Kil. Gewicht oder einen geladenen Wagen, welcher im Durchschnitt 4200 Kil. wog. Mit Rücksicht auf die zahlreichen Curven dieser Strecke, die Art der Schmierung und die Reibung der Wagen, sowie nach den mit frei herablaufenden Wagen angestellten Versuchen lassen sich die passiven Widerstände der Reibung auf 0,0055 im Durchschnitt schätzen. Die ganze zu überwindende Höhe betrug 68,7 Meter, daher ergiebt sich die von einem Pferde pro Tag geleistete Arbeit zu:

$$2{,}5 \,.\, 4200 \,.\, (0{,}0055 \,.\, 7400 + 68{,}7) = 1138200 \text{ Kil. Met.}$$

Da die überwundene Steigung auf mehr als 6 Kilometer Länge gleichförmig 1 Procent betrug, so berechnet sich der vom Pferde ausgeübte Zug auf:

$$4200 \,.\, 0{,}0155 = 65{,}1 \text{ Kil.}$$

und da andrerseits die gewöhnliche Geschwindigkeit 1,1 Met. pro Secunde betrug, so ermittelt sich die geleistete Arbeit pro Secunde auf 65,1 . 1,1 = 71,61 Kil. Met., während der zurückgelegte Weg, incl. des im Laufe zurückgelegten Rückweges, pro Tag 29600 Met. betrug.

Während mehr als 6 Jahren (von 1838 bis 1844) bezahlte man als Roßlohn 0,68 Fr. pro leeren Waggon und pro Tonne Ladung, also im Mittel 4,88 Fr. pro tägliche Leistung eines Pferdes oder 0,0000043 Fr. pro Kil.-Meter.

Wir könnten noch andere Beispiele citiren, wo die Arbeit blos in der einen Richtung verrichtet wurde, wollen uns aber hier blos auf die schiefe Ebene von Neulize beschränken. Dieselbe bestand aus zwei Theilen von je 1100 Met. Länge, wovon der eine eine Steigung von 1:20, der andere 3 bis 3,5 Procent Steigung hatte. Auf dieser schiefen Ebene zogen drei Pferde einen Wagen von 4700 Kil. Bruttogewicht (nämlich 1400 Kil. für den leeren Wagen und 3300 Kil. für die Ladung) aufwärts und der ganze Weg, welchen die Wagen bei jedem Ersteigen zurücklegten, betrug incl. des Weges in den Weichen mit geringer Steigung, 2700 Meter, die ganze Höhe aber 91,8 Meter.

Daher leistete ein Pferd im Mittel bei 6 Wagen täglich

$$6 \,.\, \frac{4700}{3} \,.\, (0{,}005 \,.\, 2700 + 91{,}8) = 989820 \text{ Kil. Met.}$$

Die auf der Steigung von 1 : 20 ausgeübte Zugkraft betrug 1567 . 0,055 = 86,18 Kil. und da die gewöhnliche Geschwindigkeit bei dieser Strecke 0,9 Met. pro Secunde war, so erreichte die dynamische Arbeit eines Pferdes auf der 1100 Meter langen Rampe von 5 Proc. Steigung 77,61 Kilogrammeter pro Secunde.

Für den Transport eines im Mittel 4700 Kil. wiegenden Wagens wurde von 1836 bis 1844 2,5 Francs bezahlt, was einen Preis von $\frac{5}{989820} \doteq 0{,}00000505$ Fr. pro Kilogrammeter ergiebt. Daß dieser Preis den vorigen übertrifft, erklärt sich durch den größern Widerstand auf einem Theile des Weges, wodurch die anzuhängende Last für den ganzen Weg vermindert wurde, und zugleich durch die zur Hebung des Pferdes selbst auf die schiefe Ebene aufzuwendende Arbeit. Letztere ist gar nicht unbedeutend, denn da das Gewicht eines mittleren Pferdes 540 Kil. beträgt, so wird hierdurch die Anstrengung des Pferdes auf der schiefen Ebene um 29 Kil. vermehrt.

Rückkehr mit theilweiser Ladung. — Auf der Strecke zwischen Berneton und Biesse, welche zu derselben Linie gehört, 4000 Meter lang ist und in zwei geneigten Ebenen endigt, kamen mehrfach Curven von 300 Meter Radius und eine gleichförmige Steigung von 1:500 in der Richtung der zu transportirenden Lasten vor. Auf dieser Strecke zogen vier Pferde täglich im Mittel 28 geladene Wagen aufwärts und machten hierzu 4 bis 5 Reisen hin und her. Bei einem der Rückgänge nahmen sie 28 leere Wagen mit, nebst einer Ladung von 6000 Kil. Waaren.

Die geladenen Wagen wogen in den letzteren Jahren dieses Betriebes 4800 Kil. und die leeren 1500 Kil.; die Reibung konnte wegen der zahlreichen Curven auf 0,0055 abgeschätzt werden und es ergiebt sich daher die tägliche Leistung =

$$\frac{1}{4}(28 \,.\, 4800 \,.\, 0{,}0075) \,.\, 4000 + \frac{1}{4}(28 \,.\, 1500 + 6000) \,.\, 0{,}0035 \,.\, 4000 = 1176000 \text{ Kilogrammetern.}$$

Die Pferde legten durchschnittlich pro Tag 36000 Met. Weg (hin und her gerechnet) zurück. Die Geschwindigkeit betrug im Mittel 1,1 Met. pro Secunde und somit berechnet sich die Arbeit pro Secunde bei der Bewegung der Last auf

$$56{,}0 \,.\, 1{,}1 = 61{,}6 \text{ Kil. Met.}$$

Der Pferdeleiher erhielt 0,6 Fr. pro geladenen Wagen und 0,1 Fr. pro Tonne oder leeren Wagen bei der Rückfahrt. Diese, länger als 6 Jahre gezahlten Preise gaben die Kosten pro Pferd zu 5,05 Fr. oder pro Kilogrammeter zu

0,0000043 Fr.

Rückkehr mit halber Ladung. — Zwischen Roanne und l'Hôpital schwankte die Steigung von 2 bis 9 auf 1000 und letztere Steigung hielt bei der Station l'Hôpital auf 1600 Met. Länge an. Um dieselbe zu überwinden, reducirte man die Last auf die Hälfte und nahm dann die andere Hälfte mit derselben Zahl von Pferden fort.

Jedes Pferd legte pro Tag zwei vollkommene Reisen (34400 Met. Weg) zurück und zog 10 Wagen à 1400 Kil. mittlerem Gewicht. Da der Weg fast durchgängig geradlinig führte, so läßt sich der Reibungscoefficient auf 0,005 abschätzen. Andrerseits betrug die zu ersteigende Höhe 26,5 Met. und es berechnet sich hiernach die geleistete Arbeit auf:

$$10 \,.\, 1400 \,.\, (7000 \,.\, 0{,}005 + 26{,}5) = 861000 \text{ Kil. Met.}$$

Auf dem Rückwege nahmen dieselben Pferde auf 47000 Met. Länge bei 0,0031 Abhang 10 geladene Wagen von 47000 Kil. Bruttogewicht mit, wobei der Widerstand zu 0,0019 abgeschätzt werden kann, und es entspricht dem eine Leistung =

$$47000 \,.\, 4700 \,.\, 0{,}0019 = 419710 \text{ Kil. Met.,}$$

die ganze tägliche Arbeit eines Pferdes ist also

$$861000 + 419710 = 1280710 \text{ Kil. Met.}$$

Der Aufwärts- und Abwärtstransport der 10 Wagen wurde mit 4,75 Francs bezahlt, woraus sich der Preis pro Kilogrammeter stellt zu

0,0000037 Fr.

Gleichförmige Arbeit in beiden Richtungen. — Der Fall, daß in beiden Richtungen eine gleich große Arbeit

zu verrichten ist, kommt in der Praxis nicht vor, es läßt sich jedoch aus den vorstehenden Beispielen mit großer Wahrscheinlichkeit folgern, daß unter solchen Umständen, welche sich am meisten diesem Zustande nähern, die tägliche Arbeit eines Pferdes

1440000 Kil. Met.

betragen würde, was bei einem täglichen Wege von 28800 Metern einer mittleren Zugkraft von 50 Kil. entspricht. Aus den obigen Beispielen geht hervor, daß die Arbeit eines Pferdes pro Tag ziemlich allgemein mit circa 5 Francs bezahlt wird; daher würden in diesem Falle die Kosten pro Kilogrammeter sich belaufen auf:

0,0000035 Fr.

Mittlerer Weg und mittlere Leistung eines Pferdes; mittlerer Preis pro Kilogrammeter. — Aus vorstehenden Angaben läßt sich ableiten, welchen Weg man durchschnittlich den Pferden pro Tag zumuthen kann, sowohl geladen als leer; sie zeigen, daß auch die mittlere Zugkraft eine verschiedene ist, je nach der Dauer, während welcher sie ausgeübt werden muß und je nach der Geschwindigkeit.

Diese Zugkraft z. B., welche 50 Kilogramme nicht überschreiten darf, wenn das Pferd den ganzen Tag mit seiner gewöhnlichen Geschwindigkeit von 1,1 Meter pro Secunde auf der Eisenbahn ziehen muß, erreicht, wie wir gesehen haben, auf starken Steigungen von 1 : 20, aber von nicht zu beträchtlicher Länge die Höhe von 86 Kilogrammen, wenn dabei die Geschwindigkeit auf 0,9 Meter pro Secunde vermindert wird.

Wir wollen hier nochmals ausdrücklich bemerken, daß in dem Vorstehenden nur solche Resultate wiedergegeben sind, welche ein mittleres Pferd pro wirklichen Arbeitstag leisten kann; sollen die Pferde aber nicht zu schnell abgeführt werden, so muß ihnen nach 6 Arbeitstagen ein Ruhetag gegönnt werden, wie dies die gewöhnlichen Verkehrsverhältnisse auch schon mit sich bringen. Im Mittel ist also aus einem Pferde, diejenigen, welche feiern, mit eingerechnet, kein größerer Erlös als 4,2 Fr. pro Tag zu erzielen.

Nach den Ergebnissen des langjährigen Betriebes mit Pferden zu Roanne lassen sich die täglichen Leistungen auf Pferdebahnen, Ruhezeit inbegriffen oder nicht, und die mittleren Kosten pro Kilogrammeter ansetzen, wie folgt:

Mittlere Leistung pro Tag Arbeit incl. Ruhe. Kilogr. Met.	Nähere Bedingungen der zu verrichtenden Arbeit.		Leistung pro wirklichen Arbeitstag. Kilogr. Met.	Bezahlter Preis pro Kilogrammeter. Franc.
830000	Rückweg freilaufend	Steigung von 3 bis 5%	1000000	0,0000050
920000		Steigung von 1%	1140000	0,0000043
1070000	Rückkehr mit halber Ladung		1280000	0,0000037
1200000	Rückkehr mit gleicher Ladung		1440000	0,0000035.

In allen diesen Fällen fungirten Postmeister, Gutsbesitzer, Müller und dergleichen Leute als Unternehmer, denen es möglich war, die Pferde billig zu unterhalten, überdies konnten sie ihre Pferde in Ställen an der Bahn einziehen, welche zum Theil von der Compagnie gebaut waren. Der Betrieb war also jedenfalls möglichst ökonomisch eingerichtet; die Unternehmer machten dabei einen entsprechenden Gewinn. In der Nähe großer Städte und industrieller Mittelpunkte, wie zwischen Saint Etienne und Lyon, wird Alles theurer; man wendet daselbst bisweilen größere und stärkere Pferde an und muß unter sonst gleichen Verhältnissen auf einen um 20% höheren Preis der Zugkraft gefaßt sein. Es läßt sich dieser Preis danach veranschlagen, wenn man die oben angegebene Ziffer von 4,8 bis 5 Francs pro vollen Arbeitstag incl. Treiber mit demjenigen Preise vergleicht, für welchen man an einer andern Localität bei andern Einkaufspreisen und Unterhaltungskosten Pferde geliehen bekommen kann.

Wenn Pferde zum Stationsdienst oder zum Betrieb auf kürzeren Strecken als die angegebenen verwendet werden, so treten beträchtlichere Zeitverluste und größere Kraftanstrengungen beim Anholen ein, wodurch auch die Kosten des Betriebes erhöht werden müssen. Die in vorstehender Tabelle angegebenen Preise können also nur als für solche Bahnen giltig angesehen werden, welche eine gewisse Länge und einen regelmäßigen Verkehr besitzen, wie er etwa bei Kohlentransporten vorkommt, und welche überdies in nicht zu ungünstigen Verhältnissen bezüglich der Abgabe des Betriebs an Unternehmer stehen.

Zugkosten pro Tonne auf verschiedenen schiefen Ebenen. — Aus dem Vorstehenden ist nachfolgende Tabelle zusammengestellt, welche die von den Pferden geleistete Arbeit und die Zugkosten pro Tonne Bruttogewicht, unter Voraussetzung eines mittleren täglichen Roßlohnes von 5 Francs, aufführt.

Art der Arbeit auf dem Rückwege.	Steigung in Procenten.	Mittlere tägliche Leistung in Kil. Met.	Kosten pro Tonne u. Kilometer. Fr.	Kosten pro Kilogrammeter. Fr.
Mit gleicher Ladung	horizontal	1440000	0,0175	0,0000035
Mit halber Ladung	0,3	1280000	0,028	0,0000037
Freilaufend	0,5	1156000	0,043	0,9000043
desgl.	1,0	1140000	0,066	0,0000044
desgl.	2,0	1100000	0,1125	0,0000045
desgl.	3,0	1060000	0,1645	0,0000047
desgl.	4,0	1000000	0,225	0,0000050
desgl.	5,0	925000	0,297	0,0000054

Bei der Berechnung dieser Tabelle ist durchgängig derselbe Reibungscoefficient 0,05 zu Grunde gelegt; bei zahlreichen Curven von geringem Radius müßte man einen etwas höheren Coefficienten einführen, welcher dann etwas höhere Kosten giebt. Wenn bei den schiefen Ebenen von 5% Steigung niederzu ein ebenso starker Verkehr stattfindet, als aufwärts, so würde man durch Benutzung der Schwere die Kosten auf die Hälfte reduciren können.

Bemerkung über die Anwendbarkeit dieser Angaben. — Bei Ermittelung der Zugkosten für eine andere Pferdebahn würde man sie in eine gewisse Zahl von Relais abtheilen und dann die Verschiedenheiten des Gefälles und der von den Pferden etwa beim Rückwege zu verrichtenden Arbeit besonders in's Auge fassen. Kennt man dann die Tara und die mittlere Ladung der nach beiden Richtungen zu befördernden Wagen, so lassen sich die Zugkosten pro Tonne netto Gewicht berechnen.

Bezüglich der auf der Eisenbahn nach Roanne vorkommenden Fälle verweise ich auf die schon oben citirte Abhandlung. Im Allgemeinen wird bei Eisenbahnen, die sich mit Pferden betreiben lassen, die Ladung, wie bei der Loire-Eisenbahn, zu 90 Procent in derselben Richtung zu befördern sein und man wird in dieser Richtung auf eine doppelt so große Ladung als das Wagengewicht rechnen können. Daher ist die in beiden Richtungen zu transportirende Bruttolast höchstens noch einmal so groß, als die Nettoladung. Wenn man also eine derartige Tracirung voraussetzt, bei welcher sich die in beiden Richtungen zu ersteigenden Rampen compensiren, so werden wir den Preis pro Nettotonne finden, wenn wir die Preise pro Bruttotonne aus vorstehender Tabelle doppelt nehmen in der einen Richtung und andererseits die Hälfte davon nehmen, um des Transportes in der entgegengesetzten Richtung Rechnung zu tragen, wenn dieser blos durch die Schwere bewirkt wird. Die Ziffern der fünften Columne geben in diesem Falle die Zugkosten pro Nettotonne, wenn die Pferde auf dem Rückwege frei laufen, und diejenigen der durch ihre Schwere herabrollenden Züge.

Jedoch ist bei diesen Zugkosten nicht auf diejenigen Kosten Rücksicht genommen, welche beim Herablassen von Wagen über steile Rampen für bie Handhabung der Bremsen erwachsen.

§. 2. Betrieb mit großer Geschwindigkeit.

Die Personenbeförderung wurde bis zum J. 1845 auf der ganzen Linie von Roanne nach Saint Etienne mit Pferden und zwar mit aus einem einzigen Wagen bestehenden Zügen bewirkt. Die Diligencen, welche gleichzeitig zur Beförderung der Reisenden, ihres Gepäckes und der Post dienten, faßten 40 Passagiere und besaßen eine hohe Imperiale, boten also dem Winde eine beträchtliche Angriffsfläche. Ihr Gewicht betrug leer 3800 Kilogramme.

Die mittlere Ladung eines solchen Wagens betrug für die J. 1842 und 1843 20 Passagiere, deren Gewicht man incl. des Gepäckes zu 85 Kilogrammen für Jeden, oder zu 1700 Kil. im Ganzen ansetzen kann. Ueberdies betrug das durchschnittliche Gewicht der Postgegenstände (messageries) in der Richtung von Saint Etienne nach Roanne 600 Kilogr. und in der umgekehrten Richtung, d. h. in derjenigen, welche bergan führte, 200 Kilogr., folglich berechnet sich das mittlere Gewicht eines Wagens, welches aber bei dieser Art von Verkehr um 10 Procent herauf- oder herunterschwanken konnte, auf 6100 Kilogr. in der einen und auf 5700 Kil. in der andern Richtung.

Die Geschwindigkeit der Züge betrug 18 Kilometer pro Stunde oder 5 Meter pro Secunde auf schwachen Steigungen und 15 Kilometer auf Steigungen von 1 Procent, woraus hervorgeht, daß der Luftwiderstand auf solch einen isolirten Wagen schon sehr bemerklich werden mußte. Man hat auch gefunden, daß der Wagen bei einem Gefälle von 6 auf 1000 nicht allein hinunterlief und 4 bis 5 Meter Geschwindigkeit pro Secunde annahm, wenn nicht von Hinten ein frischer Wind blies. Daher dürfte der Widerstand auf der Horizontalen und überhaupt unter den beschriebenen Verhältnissen zu 0,006 des Gewichtes des Wagens anzusetzen sein.

Leistung und Kosten auf geringen Steigungen. — In demjenigen Tracte der Ebene zwischen Balbigny, Feurs und Montrond, wo die Steigung zwischen 0 und 0,24 Procent variirte, machten zwei Pferde, welche die Diligence mit 5 Meter Geschwindigkeit pro Secunde zogen, täglich zwei Reisen von 11 Kilometer Weglänge und verrichteten eine Leistung =

$$[6100.(0{,}006-0{,}0002)+5700(0{,}006+0{,}0012)].11000 = 773520 \text{ Kilogrammeter.}$$

Die mittlere Arbeit pro Secunde, welche in jeder Richtung verrichtet wurde, berechnet sich auf:

$$6100.0{,}0048.5{,}0 = 29{,}28.5 = 146{,}4 \text{ Kilogrammeter.}$$
$$5700.0{,}0072.5{,}0 = 41{,}04.5 = 205{,}2 \quad "$$

Jedes Pferd leistete also

pro Tag 386760 Kilogrammeter und
pro Secunde 73 bis 102 "

Es waren dies übrigens Pferde dortiger Zucht von der Größe der Pferde der leichten Cavallerie zum höchsten.

Die Bespannung wurde gewöhnlich mit 5 Francs pro Pferd und Tag bezahlt, daher berechnen sich die Kosten dieses Transportes

auf 1 Kilogrammeter zu 0,000013 Fr.
" 1 Tonne Bruttogewicht u. 1 Kilomet. zu 0,077 "
" 1 Diligence und 1 Kilometer zu 0,455 "

Die Distanz von Montrond nach Renardière = 15,5 Kilometer war in zwei Relais von 7 und 8 Kilometern getheilt, wodurch die Füglichkeit geboten wurde, während einiger Zeit eine beträchtlichere Leistung der Pferde zu erzielen und eine Steigung von 6 auf 1000 und von 4600 Meter Länge mit so geringer Zeiteinbuße zu ersteigen, daß die mittlere Geschwindigkeit nicht unter 15 Kilometer hinabsank.

Für die ganze Strecke von Bernand nach la Renardière von 37,5 Kilometer Länge und mit einem zu übersteigenden Niveauunterschied von 70 Metern, welcher in der einen Richtung bergan, in der andern bergab befahren wurde, bezahlte man 33 Francs und es ergiebt sich hiernach

der Aufwand pro Kilogrammeter zu $\frac{33}{5900.75000.0{,}006}$ = 0,0000124 Fr.
" " " Wagen und Kilometer = 0,44 Fr.
" " " Tonne Bruttogewicht und Kilometer = 0,0745 Fr.

Wenn die Längen der Relais kürzer sind und man besonders kräftige Pferde hat, so kann man noch höhere Leistungen erzielen. So hatte z. B. vor der Einrichtung des Locomotivbetriebes auf der 4000 Met. langen und mit 1 auf 500 ansteigenden Strecke, welche zwischen den schiefen Ebenen von Neulize und Biesse liegt, ein Pferd mehrere Jahre hintereinander, von 1843 bis 1848, täglich vier Passagierwagen mit einem mittleren Gewichte von 5500 Kilogrammen gezogen, also täglich 16000 Meter Weg gemacht und zwar in vier Reisen à 15 Minuten. Dies giebt eine Leistung von:

$$5500.(0{,}008+0{,}004).8000 = 528000 \text{ Kilogrammetern.}$$

Die bei einer Geschwindigkeit von 4,5 Met. verrichtete Arbeit betrug beim Ersteigen der schiefen Ebenen:

$$5500.0{,}008.4{,}5 = 44.4{,}5 = 198 \text{ Kilogrammeter,}$$

und beim Hinabfahren:

$$5500.0{,}004.4{,}5 = 22.4{,}5 = 99 \text{ Kilogrammeter.}$$

Dies dürfte die höchste Arbeit sein, welche man von einem Pferde erzielen kann, aber nur unter der Voraussetzung, daß sie nicht lange Zeit andauert; wenige Pferde werden eine solche Anstrengung aushalten und wir würden sie nicht anführen, wenn wir diesen Betrieb nicht länger als 4 Jahre in Gang gefunden hätten.

Trotzdem läßt sich aus den vorgeführten Beispielen mit Sicherheit folgern, daß es beim Pferdebetrieb mit 16 bis 18 Kilometern Geschwindigkeit vortheilhaft ist, kürzere Relais anzuwenden, wenn man die gehörige Sicherheit erzielen will. Diese Verkürzung bewirkt auch eine Abminderung der Kosten, denn die Zurücklegung des besprochenen 4000 Met. langen Plateaus wurde nur mit 1,2 Franc pro Diligence bezahlt, d. h.

mit 0,0000091 Fr. $\left(=\frac{4{,}8}{528000}\right)$ pro Kilogrammeter,
" 0,3 " pro Wagen und Kilometer,
" 0,0545 " pro Tonne brutto und Kilometer,

also mit einem wesentlich niedrigeren Preise als auf den Relais von 11000 Meter Länge.

Steigungen von 1 Procent. — Zwischen l'Hôpital und Saint-Symphorien (Distanz 7400 Meter) zeigte die Bahn Curven von 200 bis 300 Met. Radius, eine gleichförmige Steigung von 1:100 auf 6500 Met. Länge und eine totale Steigung von 68,7 Metern. Beim Ersteigen der schiefen Ebene zogen 3 Pferde eine Diligence mit 15 Kilometern Geschwindigkeit pro Stunde = 4,2 Meter pro Secunde und jedes Pferd machte diesen Weg täglich zweimal. Daher berechnet sich die Leistung pro Tag zu

$$\tfrac{2}{3}.5700.(7400.0{,}006+68{,}7) = 429780 \text{ Kilogrammetern.}$$

Die dynamische Arbeit, welche während des Weges von mehr als 6 Kilometern Länge fortging, betrug:

$$\tfrac{1}{3}.5700.0{,}016.4{,}2 = 30{,}4.4{,}2 = 127{,}68 \text{ Kilogrammeter.}$$

Hierfür bezahlte man 14,4 Francs im Durchschnitt, also 4,8 Fr. pro Pferd, und es ergiebt sich hiernach der Aufwand

pro Kilogrammeter zu 0,0000112 Fr.
" Wagen und Kilometer " 0,97 "
" Tonne und Kilometer " 0,17 "

Hierbei ist gerechnet, daß die Pferde leer zurückgehen. Kann man die Wagen durch ihr eignes Gewicht herabrollen lassen, so reducirt sich der Aufwand auf die Hälfte.

Steigungen von 3 bis 5 Procent. — Auf den schiefen Ebenen von Neulize mit 3 Proc. Steigung erfolgte der Betrieb mit 8 bis 10 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde und auf der Steigung von 5 Procent im raschen Schritt oder mit 1,5 Met. Geschwindigkeit pro Secunde. Man brauchte zum Fortziehen einer Diligence 4 Pferde und bezahlte für den jedesmaligen Transport 5,6 Francs. Die Leistung betrug im Durchschnitt, wie wir schon beim Gütertransport auseinandergesetzt haben,

$$5900 . (2700 . 0{,}005 + 92) = 622450 \text{ Kilogrammeter}$$

und es berechnet sich daher ein Kostenaufwand von

0,000009 Fr. pro Kilogrammeter,

oder beinahe doppelt soviel, als bei der kleinen Geschwindigkeit.

Uebersicht über die Resultate des Pferdebetriebes bei großen Geschwindigkeiten. — Nachstehende Tabelle faßt die angeführten Ziffern übersichtlich zusammen.

Bedingungen des Betriebes.	Geschwindigkeit in Kilometern pro Stunde.	Geschwindigkeit in Metern pro Secunde.	Tägliche Leistung pro Pferd in Kil. Met.	Kosten pro Kil. Met. in Francs.	Kosten pro Kilometer u. Tonne Bruttogewicht (abwärts durch das eigne Gewicht) in Francs.
Ladung in beiden Richtungen (bei schwachen Steigungen)	18	5,0	386760	0,0000124	0,0745
Rückweg freilaufend, Steigung 1:100	15	4,2	429780	0,0000112	0,085
Rückweg freilaufend, Steigung 3,4:100	8	2,2	550000	0,000009	0,175

Es folgt aus dem Vorhergehenden, daß man auf schwachen Steigungen bis zu 0,6 Procent mit gewöhnlichen Pferden Zuggeschwindigkeiten von 18 Kilometern erzielen kann und daß man, wenn die Länge der Relais 6 Kilometer nicht überschreitet, von den Pferden einen täglichen Weg von 24 Kilometern und eine tägliche mittlere Leistung von 400000 Kilogrammetern erwarten kann, wobei der Aufwand etwa 0,0000125 Franc pro Kilogrammeter oder 7,5 Centimes pro Tonne Bruttogewicht der Diligence und Kilometer beträgt.

Wenn die Steigung größer ist und die Pferde bei der Rückkehr frei laufen, so kann der ganze zurückgelegte Weg 28 bis 30 Kilometer betragen, aber alsdann beträgt die nützliche dynamische Leistung bei einer mittleren Geschwindigkeit von 4,2 Metern pro Secunde gewöhnlich 430000 Kilogrammeter und der Aufwand pro Kilogrammeter 0,0000112 Franc. Der Aufwand pro Tonne und Kilometer berechnet sich beim Aufwärtsfahren auf 0,17 Franc und würde sich, wenn man auf das Hinabrollen durch die Schwere Rücksicht nimmt, auf 0,085 Fr. reduciren.

Bei starken Steigungen von 3 Procent und geringer Geschwindigkeit, etwa 2 bis 2,2 Meter pro Secunde, ist die dynamische Leistung eine größere und steigt auf 5 bis 600000 Kilogrammeter, sodaß die Kosten pro Kilogrammeter auf 0,000009 Fr. hinabgehen.

Je mehr die Geschwindigkeit abnimmt und sich derjenigen nähert, bei welcher ein Pferd seine Maximalleistung zu verrichten vermag, um so niedriger fällt auch der Aufwand für die Zugkraft aus.

Die verschiedenen Bemerkungen, welche oben bei dem Pferdebetrieb mit kleinen Geschwindigkeiten betreffs der Ermittelung der Zugkosten unter verschiedenen Umständen gemacht worden sind, behalten auch ihre Giltigkeit für den Betrieb mit großer Geschwindigkeit. Was die Gesammtkosten des Pferdebetriebes anlangt, so werden wir später darauf zurückzukommen.

II. Betrieb mit stehenden Maschinen und Seilebenen.

§. 1. Stehende Maschinen.

Die Eisenbahn von Andrézieux nach Roanne hatte in der Gebirgsstrecke, welche Roanne von der Ebene du Forez trennt, zwei schiefe Ebenen mit stehenden Maschinen, die eine zu Neulize, die andere zu Biesse, deren Steigung zwischen 3 und 5 % variirte. Eine dritte Anwendung dieses Systems fand sich auf der Zweigbahn nach Montrambert, wo auf den größten Theil der Länge die Steigung 1:25 und auf dem Scheitel eine 200 Met. lange schiefe Ebene mit der Steigung von 6,6 % vorkam, welche nur mit ganz geringer Geschwindigkeit überwunden werden konnte.

Wir werden hier nur über die schiefe Ebene von Neulize berichten, welche nach beiden Seiten hin abfiel, und deren im J. 1844 zu Creuzot gebaute Maschine in jeder Beziehung als zweckmäßig construirt gelten konnte.

Länge und Steigungsverhältnisse der schiefen Ebene zu Neulize. — Die auf jeder Seite mittelst der Maschine bediente Bahnstrecke war 2500 Meter lang. Die Steigungen waren nicht gleichmäßig, ließen sich aber vom mechanischen Standpunkte aus als aus zwei Hauptansteigungen auf jeder Seite zusammengesetzt ansehen, wovon die eine 5 und die andere 3 Procent Steigung besaß und jede etwa 1100 Meter lang war. Mit den sie verbindenden Rampen und Horizontalen war eine totale Höhe von 92 Metern zu überschreiten.

Betriebsweisen, welche nacheinander versucht wurden. — Anfänglich, im Jahre 1830, hatte man bestimmt, daß ein Zug auf der einen Seite niederzu gehen sollte, während auf der andern Seite einer emporgezogen wurde, und die Rampen waren so vertheilt, daß die im Aufsteigen und Niederfahren begriffenen Züge sich gleichzeitig auf schiefen Ebenen von gleicher Steigung bewegen sollten. Man glaubte, daß man auf diese Weise gewissermaaßen nur die den Reibungen entsprechenden Widerstände zu überwinden haben werde.

Da die zuerst aufgestellte Maschine nur 24 Pferde stark war, so war man genöthigt, den Betrieb so einzurichten, obwohl er mancherlei Abhängigkeiten und Verzögerungen mit sich brachte. Im Jahre 1834 wurde diese Maschine nach einer stattgefundenen Explosion nicht wieder reparirt, da man sie als zu schwach erkannt hatte, und der Betrieb fand von da an bis zum Jahre 1844 mittelst Pferden statt.

Im Laufe des letztgenannten Jahres stellte man eine neue Maschine auf, deren Leistung während des Aufganges leicht bis zu 120 Pferdekräften gesteigert werden konnte. Man hatte nun nicht mehr nöthig, den Betrieb auf der einen Seite von dem Betriebe auf der andern Seite abhängig zu machen, Aufholen und Herablassen der Züge konnte vielmehr unabhängig von einander, je nachdem es der Betrieb auf jeder Seite verlangte, vorgenommen werden, und man erzielte eine nicht unwesentliche Ersparniß im Personal der Bremser, welche reichlich den etwa vorhandenen größeren Brennmaterialaufwand deckte.

Beschreibung der Maschine zu Neulize und ihrer Transmission. — Die Maschine, deren Arbeit wir besprechen wollen, war eine horizontale Maschine mit Mitteldruck, Expansion und Condensation. Der Kolben hatte 0,9 Meter Durchmesser und 1,8 Meter Hub; das Schwungrad war 7 Meter hoch und mit Brems am Umfange versehen.

Die drei Generatoren bestanden in Cylinderkesseln mit einem Siederohr und hatten zusammen 120 Quadratmeter Heizfläche. Gewöhnlich waren nur zwei davon in Betrieb und der dritte diente als Reservekessel.

Die Kraft der Maschine wurde an die Züge mittelst Drahtseile übertragen, welche sich auf zwei Trommeln von 3 Meter Durchmesser und 1 Meter Weite aufwickelten; von Letzteren saß die eine auf der Schwungradwelle selbst, die andere Trommel aber auf einer Verlängerung derselben. Diese Trommeln, welche genau unter den beiden Gleisen lagerten, konnten mittelst Ausrückungsvorrichtungen beliebig zugleich in Gang gesetzt, oder von einander und vom Zusammenhange mit der Maschine abgekuppelt werden, worauf sie wie Seilrollen functionirten; man konnte also das Seil von der einen Trommel auf der einen Seilebene ablaufen lassen, während die Maschine auf der andern Seilebene einen Zug emporschleppte.

Ehe wir auf die Berechnung der verrichteten Arbeit eingehen, wollen wir noch einige Details bezüglich der Nebentheile der Transmission besprechen. Die Länge des Seiles auf jeder Seite betrug 2700 Meter, seine Stärke 27 Millim. und sein Gewicht 2 Kilogr. pro laufendes Meter, oder 5400 Kil. im Ganzen. Das Gewicht jeder Tragrolle betrug 10 Kilogr. und der Abstand derselben von einander in den geraden Strecken 8, in den Curven 4 Meter. Auf der südlichen Seite, wo der Hauptbetrieb stattfand und die meisten geladenen Züge aufwärts zu ziehen waren, gab es 2000 Meter gerade Strecken und 500 Meter in Curven; hiernach ergiebt sich, daß selbst, wenn in der Nähe der Seiltrommeln größere Rollen angewendet wurden, das Gewicht sämmtlicher zu bewegenden Rollen höchstens 4000 Kil. betrug. Uebrigens waren die Rollen in der Kehle im Durchmesser 0,21 Met. hoch und besaßen Zapfen von 18 Mill. Stärke. Die Seiltrommeln hatten in der Bewickelung einen mittleren Durchmesser von 3 Metern und Zapfen von 0,25 Met. Stärke; jede wog 9000 Kilogr. und, wenn man auf den von der Seilspannung, welche im Durchschnitt 2000 Kil. betrug, ausgeübten Druck Rücksicht nimmt, und die Ablenkung hinzurechnet, welche durch die zunächst liegenden Rollen stattfindet, um die Spannung in die horizontale Richtung zu bringen, so ergiebt sich, daß der ganze Druck auf die Wellen der Seiltrommeln bei der Arbeit zu 9400 Kil. angesetzt werden muß.

Leistung der Maschine beim Hinaufziehen eines Zuges. — In den ersten Zeiten des Betriebes betrug die Zahl der auf der Südseite zu befördernden geladenen Wagen acht, in den letzten Zeiten zehn, also im Mittel neun mit einem Totalgewicht von 45000 Kil. Die Weglänge war 2500 Meter und die ganze zu ersteigende Höhe 92 Meter; daher berechnet sich die beim Hinaufziehen von der Maschine zu verrichtende Arbeit wie folgt:

1. Arbeit zum Hinaufziehen des Zuges.

45000 . (2500 . 0,005 + 92) = 4702500 Kil. Met.

2. Reibungen und sonstige Widerstände.

Bewegung des zur Erhaltung des Seiles auf den Rollen in den Curven erforderlichen, 3000 Kil. schweren Wagens = 3000 . (2500 . 0,005 + 92) = 313500 „

Hebung des 2400 Met. langen Seiles auf die halbe Höhe der Seilebene = 2400 . 2 . 46 = 220800 „

3. Reibung der Trommeln, Rollen u. s. w.

Arbeit der Zapfenreibung bei den 9400 Kil. schweren Seiltrommeln (incl. Seilzug), bei der Hälfte der zusammen 4000 Kil. wiegenden und mit dem 5400 Kil. wiegenden Seile belasteten Rollen, wenn der Reibungscoefficient zu 0,006 angesetzt wird, = 17800 . 2500 . 0,006 = 267000 „

4. Reibung in den Curven.

Arbeit der durch die zu 2700 Kil. anzusetzende Spannung des Seiles auf der schiefen Ebene mit 5% Steigung hervorgerufenen Pressung gegen den Umfang der am Anfange der Rampe befindlichen Curve von 300 Met. Länge und 400 Met. Radius, wenn mit Rücksicht auf die Leitrollen der Reibungscoefficient zu 0,02 angenommen wird*)

$\frac{1}{2} . 2700 . \frac{300}{400} . 0{,}02 . 300 =$ 6075 „

5. Steifigkeit der Seile.

Arbeit des Seilsteifigkeits-Widerstandes, wenn man wegen der großen Biegsamkeit der Drahtseile und des großen Trommeldurchmessers den für getheerte Seile angegebenen Coefficienten einführt, =

$\frac{1}{3}$ (0,974 + 0,02136 . 2200) . 2500 = 39862 „

Summe 5549737 Kil. Met.

Verhältniß der zum Aufziehen des Zuges aufgewendeten Arbeit zur ganzen Arbeit. — Aus dem Vorstehenden folgt, daß im vorliegenden Falle die Nutzarbeit sich zu der von der Maschine verrichteten Arbeit verhält, wie 4702500 : 5549737, daß also 84,74 Procent der ganzen verrichteten Arbeit nützlich verwendet worden sind.

Stärke, Arbeit und Brennmaterialaufwand der Maschine. — Die Güterzüge, deren normale Zusammensetzung oben angegeben wurde, wurden in 10 Minuten hinaufgeschafft, was eine mittlere Geschwindigkeit von 4,15 Met. pro Secunde ergiebt. Demnach ist die aufgewendete Arbeit pro Secunde im Durchschnitt gleich $\frac{5549737}{600}$ = 9246,23 Kilogrammetern oder 123 Pferdekräften. Auf die Stunde repartirt erhält man $\frac{123}{6}$ = 20,5 Pferdekräfte.

Die Maschinen waren täglich 18 Stunden in Betrieb, in welcher Zeit sie nur durchschnittlich 15 bis 16 Aufzüge bewirkten, also überhaupt nur 2 Stunden 40 Minuten wirklich in Gang waren. Da aber die Kessel fast die ganze Zeit über in Druck erhalten werden mußten und beim wirklichen Gange der Maschinen die Dampfproduction sehr angespannt werden mußte, so entstand ein unverhältnißmäßiger Brennmaterialverbrauch; derselbe belief sich nämlich auf 140 bis 160 Kilogr. pro Aufzug oder auf 7 bis 8 Kilogramm pro Stunde und effective Pferdekraft.

Transport im J. 1846 und Aufwand dafür. — Um die gesammten Kosten des Dienstes auf den schiefen Ebenen von Neulize beurtheilen zu können, wollen wir die Resultate des Betriebes im J. 1846, welcher bezüglich der Transportstärke ungefähr dem Durchschnitt aus den zehn letzten Jahren des Betriebes auf der Eisenbahn von Andrézieur nach Roanne gleichkommt, näher betrachten.

In diesem Jahre sind auf der südlichen Seite der Seilebene von Neulize an Kohlen und Gütern 80000 Tonnen excl. des Gewichtes von 24200 Wagen aufwärts geschafft worden, und auf der nördlichen Seite hat man dieselben Wagen leer und außerdem noch 5000 Tonnen Güter hinabzutransportiren gehabt. Außerdem sind täglich auf beiden Seiten zwei Personenzüge, aus einem oder zwei Wagen bestehend, aufwärts gezogen worden, und um die Stärke der Maschine auszunutzen, hat man dabei noch vier geladene Waggons oder ihr Aequivalent an leeren Waggons mit angehangen.

*) Sind m, n, o drei aufeinander folgende Rollen, d ihr Abstand untereinander, T die Spannung im Seile, np der auf die Rolle n ausgeübte Druck = P, so hat man $\frac{T}{P} = \frac{d}{np}$. Aber das Dreieck nop und dasjenige, welches durch die Verbindung der Punkte n und o mit dem Centrum der Curve entsteht, sind ähnlich, also ist obiges Verhältniß $= \frac{R}{d}$ und $P = \frac{T}{R} d$. Wenn man also die Variationen von T vernachlässigt, so ist der Werth von P für eine Curvenlänge L gleich $T \frac{L}{R}$, und wenn der Reibungscoefficient am Umfange der Rollen = f ist, so ergiebt sich der von der Reibung in der Curve veranlaßte Widerstand für die ganze Länge $= \frac{1}{2} f T \frac{L}{R} . L$.

Dies ergiebt in dem genannten Jahre 3490 Züge aufwärts auf der Südseite und 2310 auf der Nordseite, zusammen 5800 Züge aufwärts, wobei jedoch nicht allemal die Maschine voll in Anspruch genommen war.

Die entsprechenden Kosten beliefen sich im genannten Jahre auf folgende Posten:

1. Maschinisten und Heizer	3220	Francs.
2. Unterhaltung der Maschine	2807	„
3. Schmiere	602	„
4. Steinkohlen à 10 Fr. die Tonne	8770	„
5. Unterhaltung der Rollen und Seile	7020	„
6. Bremser für die Züge	8780	„
Summe	31199	Francs.

Hierzu kommen nun noch die Kosten für diejenigen Pferde, welche erstens zum Heranschieben der Wagen an den die Leitrollen für die Curven tragenden Wagen auf einer Steigung von 1,3 Proc. verwendet wurden, damit der am Seile hängende Zug dasselbe schon so stark anspannte, daß beim Anholen kein Stoß mehr zu befürchten war, und die zweitens zum Transport des Zuges über die die beiden Seilebenen verbindende Horizontale erforderlich waren. Dieser Aufwand belief sich auf 5800 Francs für das Jahr 1846 und erhöht den Totalaufwand bis auf ca. 37000 Francs.*)

Der Verkehr von 85000 Tonnen Gütern und zwei Personenzügen in jeder Richtung kann rücksichtlich der erforderlichen Zahl von Aufzügen mit einer Bewegung von 99000 Tonnen Gütern bei 5200 Metern Weg gleich erachtet werden und es würde sich hiernach der Aufwand pro Tonne und Kilometer berechnen auf:

$$\frac{37000}{99000 . 5200} = 0{,}072 \text{ Fr.}$$

Aus dem Vorstehenden geht hervor, wie bedeutend in gewissen Fällen die Nebenausgaben beim Betriebe mit stehenden Maschinen werden können und wie sehr man auf dieselben Rücksicht nehmen muß. Die Stärke des Güterverkehres hat auch einen bedeutenden Einfluß auf die kilometrischen Auslagen, da bei dem Aufwande ein mehr oder weniger großer Theil ein für alle Mal sich gleich bleibt.

Kosten pro Kilogrammeter, pro Tonnenkilometer und pro Zugkilometer. — Den angegebenen Kosten darf nicht eine allgemeine Geltung beigelegt werden, denn viele Positionen sind von den Verkehrsverhältnissen und der Maschinerie abhängig; wir können jedoch unter Zugrundelegung derselben die Kosten pro Kilogrammeter Zug bei der Maschine und der Transmission aufstellen.

Die Zahl der auf den beiden Seilebenen beförderten Tonnen Nettogewicht betrug im Jahre 1846	85000	Tonnen.
Die vier Aufzüge von Wagen entsprechen an Arbeit der Maschine einer Nutzleistung von	14000	„
Außerdem hatte man auf den beiden Seilebenen das Gewicht der Wagen zu heben, entsprechend	84000	„
zusammen	183000	Tonnen.

Die zu ersteigende Höhe betrug, wie angegeben, 92 Meter und die Weglänge beider Seilebenen 2500 Meter, folglich ergiebt sich die von der Maschine verrichtete Arbeit zu:

$$183000000 . (92 + 2500 . 0{,}005) = 19123500000 \text{ Kilogrammetern.}$$

Die Kosten für die Maschine und Transmission betrugen in demselben Jahre 22419 Francs, also berechnen sich die Kosten pro Kilogrammeter auf

$$\frac{22419}{19123500000} = 0{,}000001173 \text{ Franc.}$$

Noch ist zu bemerken, daß bei gleichbleibender Steigung von 5% die Kosten muthmaaßlich nicht wesentlich anders ausgefallen sein würden, als auf der fraglichen Seilebene, wo die Steigung auch bis auf 3,5 und 3% hinabsank, daß man aber dann blos

0,0000009 Franc Kosten pro Kilogrammeter

herausrechnen würde.

Bei gleichförmiger und mäßigerer Steigung hätte man das Zuggewicht höher annehmen können, sodaß letzterer Preis auf Seilebenen mit einer gleichförmigen Steigung von 3 bis 5% und von 2000 bis 2500 Meter Länge anwendbar sein dürfte. Alsdann erhält man die Kosten für das Remorquiren pro Tonne und Kilometer Zug wie folgt:

bei einer Steigung von

3,0 Procent	0,0395	Franc pro Tonnenkilometer.
3,5 „	0,0360	„ „ „
4,0 „	0,0405	„ „ „
4,5 „	0,0450	„ „ „
5,0 „	0,0495	„ „ „

Für Bahnen, welche einen localen, aber lebhaften Verkehr versorgen und nicht durch Personendienst gestört werden, könnte der Dienst der Bremser, dessen hier nicht Rechnung getragen wurde, sehr eingeschränkt, vielleicht sogar ganz in Wegfall gebracht werden, wodurch der Aufwand sich den angegebenen Preisen nähern würde, excl.

*) Bei demselben Verkehre würde der Pferdebetrieb nach den für das Jahr 1843 geltenden Sätzen gekostet haben:

Geladene Wagen auf der Südseite 24200 Stück	à 2,5 Fr.	= 60500	Fr.
Leere Wagen auf der Nordseite 24200 „	à 0,7 „	= 16940	„
Güter aufwärts auf der Nordseite 5000 Tonnen	à 0,6 „	= 3000	„
Beförderung der Diligencen auf beiden Seiten		8395	„
Bremser oder Conducteure		4390	„
Summe		93225	Fr.

der Kosten für die an den Enden der schiefen Ebenen erforderlichen Manipulationen.

Bezüglich des kilometrischen Weges der Züge erhält man aus obigen Angaben bei 5% Steigung den Kostenaufwand pro Zug und Kilometer (45 Tonnen mittleres Zuggewicht angenommen) zu

$$\frac{22419}{5800 \cdot 2500} = 1{,}55 \text{ Franc.}$$

Es ist nicht schwer, zu berechnen, welche Ladung man bei geringerer oder stärkerer Steigung für dieselben Kosten emporschleppen könnte, und was im Mittel ein Zugkilometer kostet, wenn die Kosten für die Thalfahrt und betreffenden Falles diejenigen für die Bedienung der Bremsen hinzugerechnet werden, über welche Letztere wir noch Angaben machen werden.

Kosten und Einschränkungen, welche aus starken Steigungen erwachsen. — Wenn man alle die Einschränkungen und Vorkehrungen, welche steile Rampen bezüglich der Sicherheit des Betriebes erfordern, durchgehen wollte, so müßte man die Reglements über die Bedienung der schiefen Ebenen, welche von 1843 bis 1857 ohne Abänderung in Kraft geblieben sind und die Sanction der höhern Verwaltungsbehörde erhalten haben, speciell in's Auge fassen, wir wollen jedoch hier blos die Kosten ermitteln, welche aus der Bedienung der Bremsen erwachsen, und ich führe daher nur die Vorschriften über die Stärke dieses Personales an.

Hiernach war es vorgeschrieben, daß auf Steigungen von 3 bis 5 Procent mindestens ein Bremser für zwei Güterwagen und bei Zügen, in welche auch Personenwagen eingestellt wurden, für jeden Wagen ein Bremser, excl. desjenigen, welcher auf dem Wagen mit den Leitrollen saß, vorhanden sein mußte, während bei Steigungen von 14 bis 18 in 1000 ein Bremser für je vier Wagen genügte.

Eine hiermit zusammenhängende lästige Bedingung bestand nun darin, daß alle auf diesen schiefen Ebenen laufenden Wagen mit Bremsen versehen sein mußten.

Indessen sind diese Kosten und Einschränkungen ziemlich in gleichem Maaße vorhanden, mag der Betrieb mit stehenden Maschinen, mit Seilebenen oder selbst mit Locomotiven stattfinden. In letzterem Falle kann man sie reduciren und die Sicherheit erhöhen, wenn man bei der Ersteigung steiler Rampen am hinteren Ende des Zuges eine zweite Maschine anordnet. Diese Modalität habe ich, wie ich weiter zeigen werde, mit Vortheil auf der provisorischen Eisenbahn von Terre Noire angewendet.

§. 2. Selbstthätige Seilebenen.

Die ehemaligen Linien des Rhone- und Loirenetzes zeigten zwei Anwendungen von selbstthätigen Seilebenen, die eine zu Buis bei Saint-Symphorien auf der Andrézieux-Roanne-Bahn, die andere auf der Zweigbahn von Montrambert, welche noch für einige Gruben in Betrieb ist. Diese Seilebenen hatten drei Schienen auf dem oberen Theile, einfaches Geleis im unteren Theile und Geleise mit Kreuzung im Mittel.

Betriebs- und Leistungsbedingungen der selbstthätigen Seilebene zu Buis. — Wir glauben uns auf einige Notizen über den Betrieb und die Kosten der selbstwirkenden Seilrampe zu Buis, welche einen Theil des Dienstes auf der Linie Roanne nach Saint Etienne verrichtete, beschränken zu müssen. Ihre Länge betrug 900 Meter in gerader Linie, die zu ersteigende Höhe 43,5 Met. und die Steigung war regelmäßig vertheilt mit 4,95 in 100; jedoch nahm sie nach dem untern Ende progressiv ab, um die Ingangsetzung der Züge beim Anholen zu erleichtern, und die von den das Gleichgewicht haltenden Zügen auf der andern Seite angenommene Geschwindigkeit glich die Verschiedenheit im Gefälle aus, wenn die aufsteigenden Züge bei dem Gipfel anlangten.

Die Länge des Seiles betrug 1100 Meter und sein totales Gewicht 2200 Kilogramme. Die Tragrollen, welche 10 Kil. schwer waren, befanden sich in Abständen von 8 Metern und es waren auf einmal nur 120 Rollen in Bewegung. Fügt man hierzu die große Leitrolle auf dem Gipfel, welche 1,8 Met. Durchmesser besaß, so ergiebt sich, daß das Gewicht sämmtlicher gleichzeitig in Bewegung befindlicher Rollen 1600 Kil. nicht überstieg, dazu kommt aber der Druck, welcher auf der Leitrolle lag, wenn die Züge in Gang waren, und welcher höchstens zu 5000 Kil. abgeschätzt werden kann.

Berechnet man, wie oben, die verschiedenen Reibungen, die Steifigkeit des Seiles und das Gewicht des aufsteigenden Seiles, welches im Moment des Abganges höchstens 1800 Kilogramme betrug, so findet man, daß der Widerstand, der aus diesen verschiedenen Ursachen entspringt, etwa 170 Kilogramme betragen konnte.

Der Betrieb war so eingerichtet, daß acht bis zwölf beladene Wagen mit einem Gesammtgewicht von 38400 bis 57600 Kilogrammen als Gegengewicht benutzt wurden, um eine doppelt so große Zahl leerer Wagen oder das Aequivalent derselben in geladenen Wagen von 24000 bis 36000 Kilogr. Gesammtgewicht aufwärts zu ziehen.

Bei der stärksten Belastung betrug der durch das niedergehende Gewicht auf der schiefen Ebene mit 4,95% Steigung ausgeübte Zug nach Abzug der Reibung des Zuges

$$57600 \cdot 0{,}0445 = 2553 \text{ Kilogramme,}$$

der Widerstand des aufwärts steigenden Zuges aber

$$36000 \cdot 0{,}0545 = 1962 \text{ Kilogramme.}$$

Da die Züge dadurch in Bewegung gesetzt werden

konnten, daß man das Gegengewicht von der steilen Rampe herabrollen ließ, ehe der aufwärts gehende Zug selbst auf diesem Theile der Steigung anlangte, so hatte man offenbar stets einen Ueberschuß von 590 Kilogrammen, welcher durch die accessorischen Reibungen und Widerstände, von denen gesprochen worden ist, und besonders durch die Bremsen verzehrt wurde, welche fortwährend angezogen sein mußten, um den Gang zu reguliren.*)

Kosten des Betriebes. — Die Unterhaltungs- und Erneuerungskosten für Rollen und Seile waren bei dieser Seilrampe nicht sehr beträchtlich; sie überschritten im Durchschnitt bei einer Stärke des Betriebes, wie sie im J. 1846 stattfand, nicht die Summe von

1400 Francs,

jedoch ist hierzu noch der viel bedeutendere Aufwand für zwölf Bremser zu 720 Francs jährlich zu rechnen, so daß ein Gesammtaufwand erwuchs von

10040 Francs.

Mithin kostete der Transport von einer Tonne Nutzlast auf dieser nur 1000 Meter langen Strecke und trotz des günstigen Umstandes, daß 90 Procent der Nutzlast niederzu zu befördern waren, immerhin mindestens 0,1 Franc, worin die Kosten für die am Fuße der Seilrampe zur Heranschiebung und Anhängung der Wagen an das Seil auszuführenden Operationen noch nicht inbegriffen sind. Ein derartiger Betrieb kann also nur für solche Dienstbahnen ökonomisch sein, auf denen es möglich ist, ohne Bremsleute auszukommen und die Geschwindigkeit der Züge mittelst eines starken Bremses auf der Seiltrommel selbst zu reguliren.

Unzureichendes Gegengewicht; Zuhilfenahme von Locomotiven. — Bis zum Jahre 1850 gestattete es die geringe Wichtigkeit der Personen- und Güterbeförderung nach oben, daß man als Gegengewicht sich lediglich der hinabgehenden, mit Kohlen und Frachtgütern beladenen Wagen bediente. Um diese Zeit aber wurden die Eilgüter mit den Personenzügen befördert und, da die Menge der ordinären Güter wesentlich gewachsen war und einen rascheren Versandt verlangte, so wurden regelmäßige Güterzüge eingerichtet. Um nun zufällige Verzögerungen, wie sie bei unzureichenden Wagen zum Gegengewicht erwachsen konnten, wenn deren Bewegung langsamer stattfand, zu vermeiden, so wie um rasch und ohne Theilung der Züge die 1300 Meter lange Strecke, welche zwischen dem Gipfel der Seilrampe von Buis und dem Fußpunkte der schiefen Ebene von Neulize lag, zurücklegen zu können, griff man zu dem Hilfsmittel, hierbei Locomotiven mit zu verwenden.

*) Man mußte einen Brems an der Leitrolle ganz aufgeben, da das Seil in der Kehle der Letzteren rutschte. Wendet man große Trommeln mit doppeltem Seil, wie zu Neulize und Buisse an, so ist ein kräftiger Brems eher wirksam.

Die von Roanne ankommenden Züge wurden in der Art an das Seil gehängt, daß die Locomotive an der Spitze des Zuges blieb und ihre Zugkraft zu der Wirkung des Gegengewichtes hinzufügte. Kam sie oben an, so führte sie den Zug dann weiter bis zu dem Seile auf dem nördlichen Abhange der Seilebene von Neulize.

Wenn das Gegengewicht ganz fehlte, so erstieg die Locomotive die Rampe mit zwei oder drei geladenen Wagen, je nachdem der Zustand der Schienen es gestattete, und hing sich an das niedergehende Seiltrumm, sodaß dieses dann mit Hilfe ihres Gewichtes und ihrer Zugkraft sechs bis acht geladene Wagen emporzuschleppen im Stande war. In allen Fällen benutzte man die Thalfahrt der Maschine in der Art, daß man ihr bis zu sechs geladene Wagen anhing, um dann bis zwölf geladene Wagen oder ihr Aequivalent an leeren aufwärts zu ziehen.*)

Die Verwendung der Locomotiven bewirkte in den übrigen Ausgaben, z. B. für Bremswärter u. dergl., deren Zahl nach dem Reglement eingehalten werden mußte, keine Ersparniß, sie erzeugte aber mehr Regelmäßigkeit und Schnelligkeit im Betriebe, sowohl bei der Berg-, als bei der Thalfahrt, indem sie bewirkte, daß man nicht mehr genöthigt war, die abwärtsgehenden Wagen anzusammeln. Zu diesen Vorzügen gesellte sich noch der, daß die Pferde auf der 1300 Meter langen Strecke mit der bereits erwähnten Steigung von 7 : 1000 durch Maschinen ersetzt wurden.

III. Betrieb mit Locomotiven.

In dem Betriebe der Eisenbahn von Lyon nach Saint Etienne mit Locomotiven kann man gewissermaaßen drei Hauptperioden unterscheiden.

§. 1. Erste Periode von 1833 bis 1843.

Von 1833 an, d. h. von der Eröffnung der Bahnen von Saint Etienne nach Lyon und von Andrézieux nach Roanne, bis 1843 wendete man Locomotiven nur auf den wenig ansteigenden Strecken von Lyon nach Rive de Giere und in der Ebene du Forez zwischen la Renardière und Balbigny an.

Die auf der letzteren Strecke laufenden Maschinen, welche gleich nach der Eröffnung im Jahre 1833 nur zum Transport von Steinkohlen verwendet wurden, gehörten zu den ersten Stephenson'schen und Jackson'schen Maschinen, welche in Frankreich eingeführt worden sind, und deren Beschreibung man in mehreren Werken findet. Ihr Gewicht

*) Die hierzu benutzten Locomotiven waren für Schienen von 13 Kilogrammen Gewicht construirt. Nach ihren Dimensionen, welche weiter unten in der Tabelle 1 (Maschinen Nr. 0,01 bis 0,4) angegeben sind, läßt sich ihre Leistungsfähigkeit beurtheilen.

in dienstfertigem Zustande betrug 8 bis 9 Tonnen, ihre Heizfläche 28,25 Quadratmeter, der Durchmesser der Dampfcylinder 0,285 Meter und der Kolbenhub 0,4 Meter; sie waren mit vier gekuppelten Rädern von 1,38 Met. Durchmesser versehen.

Die in den Jahren 1833 bis 1837 für die Eisenbahn von Andrézieux nach Roanne angeschafften Locomotiven waren nach englischen Modellen von der Gesellschaft selbst oder im Creuzot gebaut und zeigten wenig Abweichungen.

Auf der Bahn von Saint Etienne nach Lyon liefen um diese Zeit Maschinen, welche außer den Röhrenkesseln sich auch durch andere neue Einrichtungen auszeichneten, welche von Herrn Marc Seguin herstammten. Die Cylinder, deren Durchmesser 0,23 Meter und deren Hub 0,6 Meter betrug, standen vertical zwischen den gekuppelten Axen mit 1,3 Meter hohen Rädern und die Bewegung der Kolben wurde an die Kurbeln der Axen und ihre Lenkerstangen mittelst einer an ihren Enden in Führungen laufenden Traverse übertragen. Die Stärke dieser Maschinen war nicht wesentlich von derjenigen der englischen Locomotiven auf der Eisenbahn von Roanne verschieden. Auf der unter 1:2000 ansteigenden Strecke von Givors nach Lyon zogen sie z. B. Züge von 25 beladenen Wagen, welche je 4700 Kilogramme faßten, aufwärts, während die Last der Maschinen auf der Bahn von Roanne durchschnittlich aus Zügen von 25 Wagen à 4800 Kilogrammen Gewicht bestand, wenn sie von der Ebene du Forez herabkamen. Bei dieser Fahrt kam in dieser Richtung nur eine Steigung von 1:500 auf 2 Kilometer Länge vor und zwar diejenige bei Montrond, welche nicht mit Hilfe der bei der Thalfahrt erlangten Geschwindigkeit überwunden werden konnte, und schon eine sehr merkliche Verzögerung herbeiführte, indem die gewöhnliche Fahrgeschwindigkeit von 15 Kilometern häufig bis auf 6 Kilometer sank, wenn der Zustand der Schienen und Maschinen ein ungünstiger war.

Die mitgetheilten Thatsachen zeigen, daß diese Maschinen nicht im Stande waren, bei regelmäßigem Betriebe eine größere Last, als einen Zug von 134 Tonnen Totalgewicht (Maschine und Tender inbegriffen) auf einer Steigung von 1:2000 aufwärts zu schleppen, oder eine größere Zugkraft als 134000.0,006 = 804 Kilogramme zu entwickeln. Ja um eine solche Leistung zu erzielen, mußte sogar ein sehr energischer Zug entwickelt werden, was mit Hilfe eines Blasrohres, dessen Mündung eine Kreisöffnung von 5 Centimetern Durchmesser war, bewirkt wurde.

§. 2. Periode von 1843 bis 1853.

Einer Verstärkung der Locomotivkraft hatten sich bis zum Jahre 1843 zweierlei Umstände entgegengestellt, nämlich erstens die ungenügende Stärke der Eisenbahnschienen und ihrer Stühlchen, und zweitens die übertriebene Furcht vor den Schwierigkeiten, welche man von Curven mit kleinem Radius für den Betrieb mit Locomotiven erwartete.

Verbesserungen im Oberbau an der Bahn von Saint Etienne nach Lyon. — An dieser Bahn betrug das Gewicht der ursprünglichen Schienen, Schienen von einfacher Pilzform, 13 Kilogramme pro laufendes Meter und die Träger waren Steinwürfel von sehr geringen Dimensionen und in sehr weiten Abständen von einander. Bei der Anwendung von Maschinen und Wagen ohne Federn zeigte sich bald das Ungenügende dieses Oberbausystemes. Mit dem Jahre 1836 wurden diese Eisenbahnschienen auf den Gleisen, wo geladene Züge hinabrollten, gegen ein Modell von rectangulärem Querschnitte und 26 Kilogr. Gewicht eingewechselt, welches Herr Coste angegeben hatte, und dieses wurde später gegen Schienen von 31 Kilogr. Gewicht vertauscht, während die Steinwürfel, deren Abstand durchschnittlich 1,31 Meter betrug, immer noch beibehalten wurden. Im Jahre 1847 reducirte man auch letzteren Abstand auf 0,8 Meter bei den Würfeln, welche zunächst bei den Wechseln zu liegen kamen, und auf 1 Meter für die mittleren, um mit dem stets wachsenden Gewichte der Maschinen Schritt zu halten.

Im Jahre 1842 wechselte man zwischen Rive de Gier und Saint Etienne auf den von schweren Zügen am meisten befahrenen Strecken Schienen von Doppel-T-Form, 30 Kilogramm Gewicht und 4,6 Meter ganzer Länge ein, welche auf je drei Steinwürfeln und drei Querschwellen lagen. Die Schienenwechsel correspondirten nicht miteinander und jede Schwelle lag daher auf der einen Seite unter einem Schienenstoße, auf der andern unter einem mittleren Stühlchen; die Abstände bei den Stößen betrugen nämlich 0,8 Meter, diejenigen in der Mitte 1,0 Meter, sodaß man die Füglichkeit erhielt, den Würfeln unter jedem Schienenstrange eine ganz unabhängige Stellung einzuräumen.

Abänderung des Oberbaues zwischen Andrézieux und Roanne. — Die Gesellschaft dieser Eisenbahn, welcher nicht die Mittel zu Gebote standen, ihre Schienen von 13 Kil. Gewicht complet gegen schwerere einzuwechseln, suchte ihren Oberbau dadurch für den beabsichtigten Locomotivbetrieb geeignet zu machen und zu verstärken, daß sie die in Abständen von 0,83 Meter gelegten Steinwürfel durch vierkantige Schwellen von 0,2 Meter Breite und 2,3 Meter Länge vertauschte, deren Abstand nur 0,625 im Mittel betrug. Außerdem wurde auf 9000 Meter Länge zum theilweisen Einwechseln der Schienen gegen Doppel-T-Schienen von 22,5 Kil. Gewicht und mit Schwellen von 0,24 Meter Breite und 2,4 Meter Länge bei 0,83 Meter mittlerem Abstand von einander geschritten.

Abänderung des Oberbaues zwischen Saint Etienne und Andrézieux. — Kurze Zeit nachher mußte

auch die genannte Eisenbahngesellschaft an die Erneuerung ihres Oberbaues denken, welcher ursprünglich aus gußeisernen Schienen von 1,32 Meter Länge mit Verstärkung in der Mitte und unten und versetzten Wechseln bestand, so daß der Abstand der Stützpunkte sich auf 1,19 Meter reducirte. Man wählte eine einfache T-Schiene von 18 Kil. Gewicht und rückte die zur Auflagerung dienenden Schwellen immer näher, bis ihr Abstand im Mittel blos noch 0,55 Meter betrug. Diese Bestimmung wurde durch die Art des Locomotivbetriebes vollständig motivirt, denn seit dem Ende des Jahres 1844 wendete man zwei Locomotiven à vier gekuppelten Rädern zugleich an, welche nicht weniger als 10 Tonnen Gewicht pro Axe trugen. Trotz der getroffenen Vorkehrungen griffen sie das Geleis zu sehr an und man mußte sie (im J. 1846 und 1848) durch Maschinen mit 6 gekuppelten Rädern (siehe Nr. 0,33 — 0,34 — 0,38 — 0,45 in nachstehender Aufstellung Nr. 1) ersetzen, bei denen das an und für sich schon geringere Gewicht auf drei Axen vertheilt war.

Zugkraft, welche die Locomotiven entwickelt haben. — Wie wir bereits erwähnt haben, dachte man sich anfangs die Schwierigkeiten des Locomotivenbetriebes in Curven viel zu groß und vermied deshalb die Anwendung sechsrädriger Maschinen. Andrerseits wäre aber die Vertheilung des Locomotivgewichtes auf mehr Axen das sicherste Mittel gewesen zur Schonung des nicht genügend widerstandsfähigen Oberbaues.

1. Linie von Roanne. — Ich ließ es mir daher im Frühjahr 1843 sehr angelegen sein, von dem Verwaltungsrathe der Eisenbahngesellschaft Andrézieux-Roanne die Erlaubniß zum Bau der in der nachfolgenden Tabelle Nr. 1 mit 1 und 2 bezeichneten Maschinen zum Personendienst in der Ebene des Forez zu erlangen, und ebenso betrieb ich im October 1843 die Bestellung der vier Maschinen Nr. 0,1 bis 0,4 in Creuzot, welche den Dienst auf der mit Rampen von 1% Steigung und mit Curven von 200 und 180 Met. Radius versehenen Strecke zwischen Roanne und Saint Symphorien verrichten sollten.

Zur Erklärung der auffallend kleinen Dimensionen dieser Maschinen will ich daran erinnern, daß sie auf Schienen von 13 Kilogr. Schwere laufen sollten und nur einem mäßigen Verkehr zu dienen hatten, besonders diejenigen, welche den Passagierdienst in der Ebene des Forez versorgten. Sie kamen in den ersten Monaten des Jahres 1845 in Gang und gewährten gegen den Pferdebetrieb sehr beträchtliche Ersparnisse, ohne eine viel größere Abnutzung des allerdings in der bereits angegebenen Weise verbesserten Oberbaues zu veranlassen. Die Maschinen Nr. 0,1 bis 0,4 zogen z. B. auf der Rampe mit 1% Steigung eine Bruttolast von 54 Tonnen aufwärts mit einem mittleren Aufwande von 0,75 Franc pro Kilometer Weg in jeder Richtung, während auf derselben Rampe eine Tonne Bruttogewicht pro Kilometer Weg beim Pferdebetriebe 0,066 Franc zustehen kann.

Außer der durch den Locomotivbetrieb erzielten Ersparniß, welche die Interessen für ihre Anschaffung und die Abänderung des Oberbaues reichlich deckte, war noch der Vortheil, welchen sie durch die Möglichkeit der Verstärkung des Betriebes gewährten, von besonderem Einfluß auf die Entschließungen der Compagnie. Sie beschloß aus diesem Grunde und nach den beim Betrieb der schiefen Ebenen mit 1% Steigung erzielten Resultaten im März 1845 die Erbauung dreier neuer Maschinen (die Nummern 0,30 bis 0,32 der Tabelle Nr. 1) für den Betrieb der schiefen Ebene von la Renardière, deren Länge 800 Meter betrug, und auf welcher die geladenen Wagen eine Rampe von 3% Steigung mit fortwährenden Curven und Contrecurven von 300 Metern Radius zu erklimmen hatten.

Diese ebenfalls mit Rücksicht auf die leichten Schienen und die zu durchlaufenden Curven entworfenen Maschinen hatten sechs gekuppelte Räder von 1,1 Meter Durchmesser, ein Gewicht von 17000 Kilogr. in gefülltem Zustande und einen Radstand von 2,6 Meter zwischen den äußersten Axen. Auf der genannten schiefen Ebene zogen sie 6 bis 7 Wagen mit einem mittleren Bruttogewicht von 34 Tonnen oder 20 Tonnen Nutzlast, aufwärts, wodurch der beabsichtigte Zweck erreicht war. Der Gang der Züge war gegen den Betrieb mit Pferden ein rascherer geworden und dabei außerdem eine Ersparniß erzielt, da man beim Pferdebetrieb für die Bergfahrt 0,25 Franc pro Tonne Nettolast bezahlen mußte. Diese Ersparniß konnte allerdings nur dann von Bedeutung werden, wenn die Locomotive hinreichend beschäftigt war, sei es bei mehrfachen Transporten auf der schiefen Ebene, oder auf anstoßenden Bahnstrecken.

Es dürfte hier der Platz sein, eine Bemerkung über die Leistung dieser Maschinen einzuschalten. Die ganze aufwärts zu ziehende Last mit Berücksichtigung der Maschine und des Tenders, welche 24 Tonnen wogen, betrug 58 Tonnen; den Zugwiderstand kann man aber unter Berücksichtigung der Curven und der Steigung nicht geringer als zu $58000 . 0{,}036 = 2088$ Kil. ansetzen. Diese Kraft konnten die Maschinen während der wenig Zeit in Anspruch nehmenden Ersteigung der schiefen Ebene allerdings ausüben, aber die bedeutende Abnahme der Pressung, welche hierbei stattfand, zeigte deutlich, daß die Größe des Feuerraumes und die ganze Heizfläche der Maschinen, welche 50,7 Qu.-Meter betrug, nicht ausreichend war, um zu gestatten, daß die Maschinen eine solche Arbeit während einer längeren Zeit verrichteten.

2. Linie von Saint Etienne nach Lyon. — Nach Versuchen mit 6 gekuppelten Rädern, die wahrscheinlich nur deshalb nicht geglückt waren, weil der erforderliche Spiel-

raum zwischen den Spurkränzen der Räder und den Schienen und in den verschiedenen Theilen des Mechanismus ungenügend war, machte Herr Verpilleur zu Anfange des Jahres 1843 der Gesellschaft den Vorschlag, den Transport der leeren Wagen aufwärts zwischen Rive de Gier und Saint Etienne mittelst Maschinen eigner Erfindung zu übernehmen, welche den noch stattfindenden Betrieb mittelst Pferden ersetzen sollten.

Diese Maschinen, deren Dimensionen in Tabelle 1 unter Nr. 0,5 bis 0,13 aufgeführt sind, hatten ursprünglich Kessel, welche auf die ganze Länge cylindrisch waren, und deren einer Theil einen innern Feuerraum mit Wasserumgebung darstellte, während der Rest mit gewöhnlichen Rauchröhren gefüllt war. Der Tender trug zwei Dampfcylinder von ähnlicher Einrichtung wie die Maschine, welche von Letzterer aus gespeist wurden. Diese Einrichtung des Kessels hatte den Zweck, den Tender und die Maschine mittelst einer steifen Stange kuppeln zu können, welche an zwei in der Mitte der Beiden befindlichen Drehnägeln befestigt war, und wodurch die Bewegung in den Curven erleichtert werden sollte. Es zeigte sich indessen bald, daß man sich letztere Schwierigkeit zu groß gedacht hatte, und daß man die Dampferzeugung, welche lange nicht genügend war, durch Anwendung der gewöhnlichen Feuerkiste wesentlich erhöhen könnte. Auf diese Weise erhielten dann die von Verpilleur construirten Locomotiven eine totale Heizfläche von 57 Quadratmetern (siehe Tabelle 1 unter Nr. 0,5 bis 0,12 und unter Nr. 0,13, bei welcher letzteren Maschine die Cylinder des Tenders in Wegfall gebracht und dafür diejenigen der Maschine vergrößert worden waren). Erst gegen Ende des J. 1844 und im Laufe des J. 1845 bewirkten die Maschinen des Hrn. Verpilleur, nachdem sie noch mehrerlei Abänderungen erfahren hatten, den Transport der Wagen von Rive de Gier aufwärts nach Saint Etienne.

Um diese Zeit erneuerte Herr Clément Désormes, der anfänglich Maschinenmeister (ingenieur du matériel) der Gesellschaft gewesen war, seit 1844 aber den Transport der Güter zwischen Lyon und Rive de Gier und den ganzen Verkehr mit Personen und Packereien zur Nacht als Unternehmer besorgt hatte, nacheinander sämmtliche alte Maschinen der Gesellschaft. Er ersetzte sie durch zweierlei Haupttypen, nämlich eines mit vier gekuppelten Rädern von 1,3 Meter Durchmesser (Maschinen Nr. 0,14 bis 0,29 der Tabelle 1) und eines mit sechs gekuppelten Rädern von 1,2 Meter Durchmesser (Nr. 0,35 bis 0,46) und mit 2,6 Meter äußerstem Radstande. Letztere Maschinen waren hauptsächlich zum Gütertransport zwischen Rive de Gier und Lyon und zur Beförderung der Personenzüge auf der schiefen Ebene zwischen Rive de Gier und Saint Etienne mit einem Ansteigen von 14 in 1000 bestimmt. Auch wurde im Jahre 1847 von Demselben noch ein dritter Typus von Maschinen aufgestellt (Nr. 3 bis 8 in Tab. 1), welcher eine größere Geschwindigkeit der Personenzüge ermöglichen sollte, und bei welchem die vier gekuppelten Räder 1,5 Meter Durchmesser erhielten.

Die Dimensionen aller dieser mit außenliegenden Cylindern versehenen Maschinen waren durch das Gewicht und den einmal angenommenen Abstand der Axen, sowie dadurch gewissen Einschränkungen unterworfen, daß der Zwischenraum zwischen den Geleisen und derjenige an der Seite in einigen Tunnels so beschränkt war, daß man in Letzteren für die Dampfcylinder Schräme hatte aushauen müssen, obgleich die am meisten hervortretenden Theile doch nur eine totale Breite von 2,33 Met. von einer Seite zur andern erforderten.

3. Eisenbahn von Saint Etienne nach Lyon. — Wir haben bereits oben, wo wir von der Eisenbahn von Saint Etienne nach Andrézieux sprachen, angeführt, daß die Eisenbahngesellschaft anfangs zum Transport der Wagen über Rampen von 1,8 % Steigung mit Curven von 100 Meter Radius Maschinen hatte bauen lassen mit vier gekuppelten Axen und beträchtlichem Gewicht. Nachdem sie mit den Maschinen der Linien Roanne und Saint Etienne-Lyon Versuche angestellt hatte, trug sie nicht länger Bedenken, drei Maschinen mit sechs gekuppelten Rädern nach demselben Modell wie die Maschinen auf der schiefen Ebene von la Renardière bei A. Köchlin und zwei Maschinen mit sechs gekuppelten Rädern nach dem Modell der Maschinen auf der Strecke Saint Etienne-Lyon bei Clément Désormes zu bestellen. Diese Maschinen kamen resp. im Juli 1846 und im Februar 1848 in Betrieb. Dank der seitlichen Verschiebbarkeit, welche die Axen und Lager der Kuppelstangen erhalten hatten, konnten diese Maschinen ohne Schwierigkeit und ohne merkliche Abnahme der Geschwindigkeit Curven von 100 Meter Radius und von großer Länge durchlaufen.

Der einzige Uebelstand, welcher in besonderen Ausnahmefällen hätte eintreten können, wäre der Fall gewesen, wo ein Zug mitten in einer Curve und auf starker Steigung anzuhalten gewesen wäre. In diesem Falle würde die der äußeren Schiene gegebene und nach dem normalen Gange bemessene Erhöhung ein sehr starkes Anpressen der Spurkränze der Räder des Zuges gegen die innere Schiene bewirkt haben, was beim Anholen des Zuges eine sehr starke Reibung erzeugen würde, und es würde daher die Maschine, wenn sie vollständig belastet gewesen wäre, genöthigt gewesen sein, den Zug bis auf eine gerade Strecke zurückzuschieben, um ihre Normalgeschwindigkeit wiedergewinnen und die Curven richtig überwinden zu können.

§. 3. Periode von 1854 bis 1858.

Im Jahre 1854 waren die Eisenbahnen von Roanne nach Lyon zu einer einzigen Gesellschaft verschmolzen worden

und es wurden Verbreiterungs- und Correctionsarbeiten begonnen. Die schiefen Ebenen der Linie nach Roanne sollten verschwinden und die ganze mit Schienen von 36 Kilogr. Gewicht zu belegende Linie keine stärkeren Curven als solche mit 500 Meter Radius und keine stärkeren Steigungen als solche von 12 bis 14 auf 1000 erhalten. Natürlich mußte gleichzeitig der alte Wagenpark erneuert werden, damit der Austausch der Fahrzeuge mit den großen Eisenbahnlinien, welche sich an die Rhone- und Loirebahnen anschließen, möglich wurde.

Man wurde also bezüglich der Construction der zum Betrieb auf diesen verbesserten Bahnen bestimmten Locomotiven aller der Vortheile theilhaft, welche aus der Regulirung der Bahn hervorgingen, und nahm zwei neue Modelle an, wovon das eine vier gekuppelte Räder mit 1,64 Meter Höhe bekam und für die Personenzüge bestimmt war (Maschinen Nr. 9 bis 28 der Tabelle), während das andere, zum Güterverkehr bestimmte, sechs gekuppelte Räder von 1,3 Meter Durchmesser erhielt (Maschinen Nr. 0,31 bis 0,80).

Tabelle über die Dimensionen der von 1845 bis 1858 angewendeten Locomotiven. — Um einen leichtern Ueberblick über die Veränderungen, welche mit den nacheinander auf den Bahnen des Rhone- und Loire-Netzes in Betrieb gekommenen Maschinen vorgenommen worden sind, zu ermöglichen, so theile ich nachstehend eine Tabelle über alle Maschinen mit, welche zu Anfang des Jahres 1855 in Dienst standen, sowie über diejenigen, durch welche sie später im Jahre 1856, 1857 und 1858 ersetzt worden sind. Diese Tabelle umfaßt alle seit dem Jahre 1845, d. h. während der zweiten Periode, auf die Bahn gestellten Locomotiven, ferner alle während der dritten Periode bis zum August 1858, wo die Correctionsarbeiten der ganzen Bahn beendigt waren und der Vertrag über den Betrieb mit den Herren Parent und Schaken aufgehoben wurde, in Gebrauch genommenen Maschinen.

Tabelle Nr. 1.

Bezeichnung der Locomotiven.	Heizfläche. Quadr.-Meter.	Rostfläche. Quadr.-Meter.	Cylinder. Durchmesser. Met.	Kolbenhub. Met.	Volumen eines Hubes. C.-Decim.	Kesselspannung in Atmosphären.	Durchmesser der Räder in Metern: vordere.	mittlere.	hintere.	Aeußerster Radstand in Metern.	Gewicht der fertigen Maschinen in Kilogr.: im Ganzen.	auf den gekupp. Rädern.	Zahl der vorhandenen Maschinen.	Zeit der Inbetriebsetzung.
Personenzug-Maschinen.														
Nr. 1 und 2	39,85	0,72	0,30	0,46	32,5	4½	0,95	1,50	0,95	3,15	11830	6834	2	Mai 1845.
„ 3 bis 8	57,51	0,81	0,35	0,60	57,7	4½	1,50	—	1,50	1,95	19160	19160	6	4 im Sept. 1847, 2 im Aug. 1853.
„ 9 „ 18	117,60	1,25	0,45	0,60	95,3	8	1,15	1,64	1,64	3,35	33100	22780	10	vom 17. Sept. bis 5. Dec. 1855.
„ 19 „ 28	120,68	1,25	0,45	0,60	95,3	8	1,15	1,64	1,64	3,51	32260	23500	10	vom 1. Juni 1857 bis 28. März 1858.
Güterzugmasch.														
Nr. 0,1 bis 0,4	48,80	0,70	0,30	0,50	35,4	4½	0,80	1,10	1,10	2,40	13400	10300	4	März 1845.
„ 0,5 „ 0,12*)	57,00	1,00	0,265	0,75	41,2	5	1,22	—	1,22	1,70	17200	17200	8	vom Sept. 1845 bis Juli 1848.
„ 0,13	57,00	1,00	0,33	0,75	64,2	5	1,22	—	1,22	1,70	19000	19000	1	Januar 1854.
„ 0,14 bis 0,29	45,72	0,72	0,35	0,60	57,7	4½	1,30	—	1,30	1,60	16170	16170	16	vom Juni 1845 bis April 1848.
„ 0,30 „ 0,34	50,70	0,87	0,36	0,46	46,8	5	1,10	1,10	1,10	2,60	17000	17000	5	3 im Januar, 2 im Juli 1846.
„ 0,35 „ 0,45	59,77	0,82	0,35	0,60	57,7	4½	1,20	1,20	1,20	2,60	19590	19590	11	vom Aug. 1846 bis März 1854.
„ 0,46 „ 0,50	72,00	0,85	0,35	0,60	57,7	6	1,20	1,20	1,20	2,60	22000	22000	5	Januar und Februar 1855.
„ 0,51 „ 0,70	132,90	1,35	0,45	0,65	103,3	8	1,30	1,30	1,30	3,37	37500	37500	20	12 vom 8. März bis 26. Nov. 1856.
„ 0,71 „ 0,80	132,90	1,35	0,45	0,65	103,3	8	1,30	1,30	1,30	3,37	35290	35290	10	18 vom 1. März bis 18. Nov. 1857.

*) Die Tender dieser Maschinen hatten zwei Dampfcylinder von gleichen Dimensionen mit den Cylindern der Maschine, welche aus dem Locomotivkessel gespeist wurden; sie wogen 14250 Kilogramme.

Tabelle über die Zahl und Schwere der Züge von 1853 bis 1858. — Folgende Tabelle giebt eine Zusammenstellung über die Zahl und effective Last der Personen- und Güterzüge, welche auf den verschiedenen schiefen Ebenen der Linie Saint Etienne nach Lyon in den Jahren 1853 bis 1858 circulirt haben. Sie wird die Vergleichung der mit den verschiedenen Arten von Maschinen erzielten Resultate erleichtern.

Tabelle 2. Personenzüge.

Bezeichnung der betreffenden		Zahl der		Mittlere Zahl der im Zuge befindlichen			Mittleres Bruttogewicht in Tonnen.
Eisenbahnstrecke	Periode	Züge.	Fahrten der Masch.	Wagen.	Reisenden.	Tonnen Güter.	
von Lyon nach Givors	im Jahre 1853	3088	3110	14,05	181	1,05	66,11
	" " 1854	3088	3108	16,63	191	2,11	77,26
	" " 1855	2922	2930	16,25	155	2,02	77,80
	" " 1856	2735	2742	17,47	151	1,78	87,12
	" " 1857	3377	3386	13,76	128	1,67	82,08
größte Steigung 0,03	Januar, Februar, März 1858	900	900	8,70	104	1,63	68,24
Länge 20,2 Kilometer	April, Mai, Juni, Juli 1858	1351	1351	8,93	116	1,68	70,79
von Givors nach Rive de Gier	im Jahre 1853	2920	2930	9,45	99	1,15	43,09
	" " 1854	2924	2927	10,32	109	2,31	48,18
	" " 1855	2907	2910	11,85	115	1,99	57,40
	" " 1856	2543	2545	14,61	137	1,79	74,11
	" " 1857	3352	3355	12,64	114	1,77	73,35
Steigung = 0,006	Januar, Februar, März 1858	900	900	8,41	87	1,65	64,96
Länge 14,6 Kilometer	April, Mai, Juni, Juli 1858	1234	1234	8,78	108	1,83	69,20
von Rive de Gier nach Saint Etienne	im Jahre 1853	3104	3180	8,84	83	1,06	39,52
	" " 1854	2925	3070	9,74	94	2,27	44,85
	" " 1855	2906	3154	11,49	96	1,75	54,24
	" " 1856	2556	2578	14,30	126	1,75	73,89
	" " 1857	3352	3380	12,47	108	1,74	73,98
Steigung 0,014 bis 0,015	Januar, Februar, März 1858	900	951	8,40	84	1,62	64,62
Länge 21,2 Kilometer	April, Mai, Juni, Juli 1858	1234	1272	8,70	104	1,80	68,41

Die Elemente dieser Tabelle sind der Statistik des Betriebes entnommen, das mittlere Gewicht eines Reisenden mit seinem Gepäck ist zu 80 Kilogrammen, dasjenige der Personenwagen, welche abgeändert und im Juli 1857 gänzlich erneuert worden sind, für 1853—1854 zu 3,6, für 1855 zu 3,9, für 1856 zu 4,2, für 1857 zu 5,1 und für 1858 zu 6,7 Tonnen angesetzt.

Die mittlere Tara der Packwagen ist in der aus der Statistik des Betriebes entlehnten Tabelle Nr. 3 (s. flgde. S.) nach Maaßgabe der damit vorgenommenen Abänderungen und Erneuerungen angesetzt worden für die Jahre 1853 und 1854 zu 1,5, für 1855 zu 1,7, für 1856 zu 2, für 1857 zu 2,49 und für 1858 zu 4,4 Tonnen. Die Zahl der abwärts fahrenden Züge ist derjenigen der aufwärts fahrenden gleich angenommen worden.

Diese drei Tabellen geben zu mehreren Bemerkungen Gelegenheit und lassen folgende Schlußfolgerungen ziehen.

Schwere der Personenzüge. — Der Personenverkehr auf der Eisenbahn zwischen Lyon und Givors hat in dem Zeitraume, welchen diese drei Tabellen umfassen, Veränderungen erlitten, welche unabhängig von dem vorhandenen Betriebsmaterial waren und vielmehr die Folgen der Eröffnung der Mittelmeerbahn, welche der Linie Lyon-Givors die Passagiere zwischen Vienne und Lyon entzogen hat, sind.

Bis zum Jahre 1855 erfolgte der Betrieb zwischen Lyon und Rive de Gier mit Maschinen mit vier gekuppelten Rädern von 1,5 Meter Durchmesser (Nr. 3 bis 8), von 1856 an wurden auf der Bahnstrecke Lyon-Saint Etienne

Tabelle 3. Güterzüge.

Bezeichnung der betreffenden		Zahl der		Aufsteigende Züge.			Abwärtsfahrende Züge.	
Eisenbahnstrecke	Periode	Züge in jeder Richtung.	doppelten Fahrten der Maschine.	Wagenzahl.	Tonnen Güter.	Totales Bruttogewicht Tonnen.	Tonnen Güter.	Totales Bruttogewicht in Tonnen.
von Lyon nach Givors	im Jahre 1853	3628	3719	45,02	140,22	206,25	13,10	79,1
	" " 1854	3622	3715	44,93	145,49	212,88	18,2	85,6
	" " 1855	3292	3365	40,93	177,59	247,17	20,2	89,8
	" " 1856	3652	3702	37,61	160,09	235,31	22,6	97,8
	" " 1857	2405	2392	50,85	254,49	381,11	33,8	160,4
größte Steigung 0,03	Januar, Februar, März 1858	631	668	35,75	229,74	387,04	23,7	181,0
Länge 20,2 Kilom.	April, Mai, Juni, Juli 1858	569	604	38,53	265,57	444,90	41,0	219,3
von Givors nach Rive de Gier	im Jahre 1853	5579	5590	50,30	22,23	98,08	154,0	230,0
	" " 1854	6073	6089	48,18	26,10	98,37	153,0	225,0
	" " 1855	5860	5878	42,94	34,20	92,02	186,0	244,0
	" " 1856	5425	5442	46,19	36,94	129,32	194,0	286,0
	" " 1857	3940	3954	55,97	52,12	191,48	262,0	401,0
Steigung = 0,006	Januar, Februar, März 1858	844	924	44,74	54,16	251,01	279,0	476,0
Länge 14,6 Kilom.	April, Mai, Juni, Juli 1858	916	1001	43,25	91,65	281,95	298,0	489,0
von Rive de Gier nach Saint Etienne	im Jahre 1853	6522	7330	29,73	19,46	64,05	94,5	139,0
	" " 1854	8132	8740	27,52	18,75	60,03	91,2	133,0
	" " 1855	8419	8477	22,92	21,17	60,13	91,5	131,0
	" " 1856	7653	8184	27,47	24,11	79,05	110,0	165,0
	" " 1857	5663	6056	34,24	34,73	119,98	165,0	250,0
Steigung 0,014 bis 0,015	Januar, Februar, März 1858	1082	1135	25,59	39,34	141,94	166,0	278,0
Länge 21,2 Kilom.	April, Mai, Juni, Juli 1858	1181	1278	26,80	62,18	179,92	185,0	303,0

die gemischten Maschinen neuer Art (Nr. 9 bis 28) angewendet, welche demnach nicht vollständig ausgenutzt wurden.

Auf der Straße von Rive de Gier nach Saint Etienne mit der Steigung von 14 auf 1000 zeigt die Schwere der Züge eine beträchtlichere Zunahme in dem Maaße, wie sich der Verkehr entwickelte und die Stärke der angewendeten Maschinen vermehrt wurde. Im Jahre 1853—1854 überstieg die durchschnittliche Schwere der Züge 45 Tonnen nicht; sie schwankte nämlich zwischen 40 und 50 Tonnen. Man bediente sich damals der Maschinen nach der Construction von Clément Désormes mit sechs gekuppelten Rädern (Nr. 0,35 bis 0,45), welche 19590 Kilogramme wogen. Die Maschinen Nr. 0,40 bis 0,50, welche im J. 1854 nach demselben Modell, jedoch mit Vergrößerung der Heizfläche, für höhere Dampfspannung und mit höherem, bis 22 Tonnen betragenden Gewicht gebaut waren, und die während des letzten Vierteljahres gleichzeitig mit angewendeten gemischten Maschinen Nr. 9 bis 18 gestatteten im Jahre 1855 eine Erhöhung der Schwere auf durchschnittlich 54 Tonnen.

In den Jahren 1856, 1857 und 1858 sind die Personenzüge auf der Eisenbahn von Rive de Gier nach Saint Etienne stets mit gemischten Maschinen (Nr. 9 bis 28) fortgeschafft worden, und obwohl dieselben nur 23 Tonnen Adhäsionsgewicht auf den Treibrädern besaßen, so konnte doch das mittlere Gewicht der Züge auf 74 Tonnen gesteigert werden. Wir haben hier hervorzuheben, daß dieses Gewicht im Vergleich zu demjenigen in den früheren Jahren in stärkerem Verhältniß hat erhöht werden können, als das für die Adhäsion der Maschinen benutzte Gewicht zugenommen hat, was sich dadurch erklärt, daß die gemischten Maschinen eine viel bedeutendere Dampfmenge und eine höhere Spannung zu erzeugen im Stande waren, wovon man in der guten Jahreszeit Nutzen zog.

Schwere der Güterzüge. — Auf der Eisenbahnstrecke zwischen Lyon und Rive de Gier verrichteten bis zum Jahre 1855 die Maschinen 0,14 bis 0,29 den Güterdienst, im Jahre 1856 besorgten einige Maschinen mit sechs gekuppelten Rädern (0,35 bis 0,50) den Transport aufwärts

von Givors nach Rive de Gier, und im Jahre 1857 konnte die Beförderung der Güterzüge zum Theil mit Maschinen mit sechs gekuppelten Rädern nach der Construction Nr. 0,35 bis 0,50 und 0,51 bis 0,80 erfolgen, während im J. 1858 nur noch Maschinen der letzteren Construction in Gang waren.

Während des Jahres 1853 und eines Theiles des Jahres 1854 geschah die Fortschaffung der Güterzüge und leeren Wagen zwischen Rive de Gier und Saint Etienne fast ausschließlich mit Maschinen nach Verpilleux's System, Nr. 0,5 bis 0,13, mit einem 14250 Kilogr. schweren Tender, welcher ein Paar Dampfcylinder trug, wie eine Locomotive, und dadurch das Adhäsionsgewicht auf 31420 Kilogr. steigerte. Die Ladung und Geschwindigkeit dieser Maschinen war also, wie bereits bemerkt wurde, durch die Dampferzeugungsfähigkeit der Locomotivkessel beschränkt und fiel nicht selten geringer aus, als bei den Maschinen mit sechs gekuppelten Rädern von der Sorte Nr. 0,35 bis 0,50.

Im Jahre 1854 und 1855 ging die Schwere der Züge etwas herunter, weil die Unternehmer Parent und Schaken, welche den ganzen Betrieb besorgten, seit dem Monat August 1854 die Benutzung der Cylinder der Tender der Maschinen Nr. 0,5 bis 0,12 aufgegeben hatten, diese Maschinen aber doch noch auf der Strecke Rive de Gier-Saint Etienne in Gang behielten; dagegen erlaubten die mehr und mehr zur Anwendung kommenden neuen Maschinen mit sechs gekuppelten Rädern in den Jahren 1856, 1857 und 1858 eine Erhöhung der Schwere der Güterzüge.

Dieselbe ist aus den mitgetheilten Tabellen deutlich zu erkennen. Wir wollen hier noch bemerken, daß die Bedeutung und Beschaffenheit des Verkehres den Locomotiven soweit möglich volle Belastung zu geben gestattete, sowie daß die Besorgung des Transportes stets durch Unternehmer erfolgte und nach den bewegten Lasten bezahlt wurde, was dafür eine Garantie liefert, daß die Maschinen jedenfalls so stark als möglich angespannt worden sein werden.

Aeußerste Ladung bei feuchten Schienen und effective mittlere Ladung. — Gegen das Ende des Herbstes und Winters waren die Schienen in Folge der Nebel aus dem Rhone- und aus dem Gierthale oft sehr glitschrig und Züge, bei deren Zusammenstellung dies nicht beachtet worden war, erfuhren in Folge des Gleitens der Maschine Verzögerungen, welche bei dem beträchtlichen Verkehr an Güterzügen, die sich unmittelbar folgten, und zwischen welche wieder Personenzüge eingeschoben waren, bei deren Beförderung keine Verspätung vorkommen durfte, sehr große Unannehmlichkeiten verursachten.

Daher wurden im November 1857 ganz besondere Erörterungen darüber angestellt, wie hoch sich äußersten Falles die Last für die neuen Maschinen Nr. 9 bis 28 und 0,51 bis 0,80, welche damals allein in Dienst waren, belaufen dürfe, und diese Versuche gaben dann die Unterlagen zu einem zwischen der Eisenbahndirection und den Unternehmern des Transportwesens vereinbarten Reglement.

Bei den Personenzügen nöthigten die Betriebsverhältnisse zu einer vollen Anspannung der Leistungsfähigkeit der Maschinen blos bei der Bergfahrt zwischen Rive de Gier und Saint Etienne. Für diese schiefe Ebene, welche 1,4% Ansteigen besitzt, wurde die von den Maschinen 9 bis 28 aufwärts zu befördernde Last folgendermaaßen festgestellt:

bei trocknen Schienen auf 10 Wagen mit einem mittleren Gewicht von 7800 Kil. incl. Ladung, oder . . . . 78 Tonnen,
bei feuchten Schienen auf 7 Wagen oder . 54,8 „

Die Geschwindigkeit dieser Züge sollte mit Rücksicht auf die Curven à 500 Meter Radius und den ziemlich bedeutenden Radstand (3,5 Meter) der neuen Wagen 35 Kilometer pro Stunde betragen, sodaß sich der Widerstand für Maschine und Zug auf 0,008 abschätzen läßt. Da andererseits das Gesammtgewicht der Locomotive mit ihrem Tender im Durchschnitt 51 und dasjenige auf den gekuppelten Rädern 23 Tonnen beträgt, so ergiebt sich, daß bei obigem Reglement für trockne Schienen der Adhäsionscoefficient

$$\frac{51+78}{23} \cdot (0{,}014+0{,}008) = 0{,}123,$$

für feuchte Schienen der Coefficient

$$0{,}101$$

zu Grunde gelegt worden ist.

Berechnet man auf denselben Unterlagen den Coefficienten für die ersten drei Monate des Jahres 1858, so erhält man nach den Angaben der Tabelle 2 0,11 und für die darauf folgenden vier Monate 0,114. In der schönen Jahreszeit hätte sich diese Ziffer höher herausstellen und wohl das durch das Reglement vorgesehene Maximum erreichen lassen, wenn die Stärke des Verkehrs dies nöthig gemacht hätte. Dies ist nicht ganz der Fall gewesen, da vom Juni 1857 an die Zahl der Züge von 4 auf 5 in jeder Richtung vermehrt worden war.

Auch die größte und kleinste Schwere der Güterzüge wurde festgestellt und zwar in folgender Weise:

von Givors nach Rive de Gier (Steigung 0,006)

für trockne Schienen: 70 leere Wagen oder 308 Tonnen,
„ feuchte „ 50 „ „ 220 „

von Rive de Gier nach Saint Etienne (Steigung 0,014)

für trockne Schienen: 45 leere Wagen oder 198 Tonnen,
„ feuchte „ 30 „ „ 132 „

Die Geschwindigkeit der Züge variirte von 15 bis 20 Kilometer und konnte bis 14 Kilometer hinabgehen, unter welchen Verhältnissen die Widerstände für Locomotive und Zug zusammengenommen nicht sehr verschieden sein dürften von 0,006. Da nun das Gewicht von Maschine und Tender

zusammen 55, dasjenige auf den Treibrädern 36 Tonnen beträgt, so berechnet sich aus obigen Bestimmungen

für trockne Schienen der Adhäsionscoefficient

zwischen Givors und Rive de Gier auf . . 0,121
„ Rive de Gier und Saint Etienne auf 0,140

für feuchte Schienen der Coefficient

zwischen Givors und Rive de Gier 0,092
„ Rive de Gier und Saint Etienne. . 0,098.

Die in den drei ersten Monaten des Jahres 1858 und die in den vier darauf folgenden Monaten nutzbar gemachte mittlere Adhäsionswirkung ergiebt sich nach den obigen Tabellen wie folgt:

Jan., Febr. u. März 1858.	April, Mai, Juni u. Juli 1858.	
0,10	0,11	von Givors nach Rive de Gier,
0,115	0,13	von Rive de Gier nach Saint Etienne.

Das Dienstreglement enthielt folgende specielle Vorschrift:

„Die in den beiden Tabellen angegebenen höchsten Ziffern bei trockenem Zustande der Schienen dürfen nur dann erreicht werden, wenn keine Witterungsveränderung zu befürchten ist. Ebenso hat man sich unter den für feuchte Schienen gegebenen Sätzen zu halten, wenn nebliges Wetter einfällt, besonders des Morgens."

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß im Mittel für das ganze Jahr die von den neuen Maschinen auf den starken Steigungen nutzbar gemachte Adhäsion dem Coefficienten 0,125 entsprach, daß dieser Coefficient bei trocknen Schienen auch bis 0,14 steigen konnte, daß er aber auch bei feuchten Schienen und Nebelwetter auf 0,10 und 0,09 vermindert werden mußte, um die Regelmäßigkeit des Betriebes sicher zu stellen.

Die in den Jahren 1853, 1854 und 1855 bergan gezogenen Lasten waren im Vergleich zu den von den alten Maschinen aufwärts geförderten Lasten niedriger, sodaß sich zeigt, daß die neuen Maschinen die Adhäsion relativ besser benutzten. Nach den in Tabelle 1 enthaltenen Daten erkennt man auch leicht, daß die hauptsächlichste Ursache der besseren Leistung der letzteren Maschinen in den Verbesserungen zu suchen ist, welche man nach der Verbesserung des Oberbaues und der Verbreiterung der Tunnel und des Zwischenraumes zwischen den Geleisen mit den Dimensionen der Maschinerie und der Kessel vornehmen konnte. Ihnen verdankte man große Vortheile bezüglich der Erzeugung, der Spannung und Ausnutzung der Dämpfe und es wurde eine wesentliche Erhöhung der Stärke der Maschinen ohne merkliche Vermehrung des Brennmaterialaufwandes und der sonstigen Unterhaltungskosten erzielt.

Diese Thatsachen sind allen, welche sich speciell mit dem Betrieb der Eisenbahnen beschäftigt haben, genügend bekannt; es schien jedoch interessant, hier wieder von neuem zu constatiren, welche Vortheile auf den Rhone- und Loire-Bahnen damit erzielt worden sind.

Steigungen von 1,4 Procent waren übrigens nicht die einzigen, auf welchen der Betrieb mit Locomotiven stattfand, ausnahmsweise mußten sie auch auf *stärkeren Steigungen* den Dienst verrichten, z. B. auf den Seilebenen mit stehenden Maschinen zu Biesse und Neulize, wovon Erstere 4,3, Letztere 3 bis 5 Procent Gefälle besitzt, wenn auf diesen die stehenden Maschinen in Unordnung waren. Auch die schiefe Ebene von la Renardière mit 3 % Steigung ist bis zu ihrer Correction von 1846 bis 1857 mit Locomotiven befahren worden.

Von diesen Rampen hatten die beiden Ersteren 2 Kilometer, die Letzte nur 800 Meter Länge, weshalb man denn auch bei allen Arten von Locomotiven auf der letztgenannten schiefen Ebene eine höhere Leistung erzielte, als auf den langen Rampen von Rive de Gier und Saint Etienne, wo zur Sicherung eines schnelleren Ganges und zur Vermeidung von Verzögerungen die Dampferzeugung unausgesetzt fortgehen mußte.

Während der Wiederherstellung des Tunnels von Terrenoire und in Folge eines im Juli 1855 vor dem unteren Ausgange desselben in dem Einschnitte vorgekommenen theilweisen Einsturzes war eine provisorische Bahn zum Hinaufschaffen der leeren Wagen gebaut worden, während die geladenen Wagen durch den Tunnel hinabfuhren. Auf dieser Bahn, welche bei 2000 Meter Länge hintereinander mehrere Rampen von 3 bis 3,3 % Steigung und Curven von 150, ja selbst von 124 Meter Radius zeigte, durften nach angestellten Versuchen reglementmäßig folgende Zuglasten transportirt werden:

bei Anwendung einer einzigen Maschine (von der Art der Maschinen Nr. 0,51 bis 0,80) bis zu 42 leere Wagen à 1700 Kilogr. Gewicht oder . . . . . . 71,4 Tonnen,

bei Anwendung von 2 Maschinen, wovon die eine (Nr. 0,51 bis 0,80) an der Spitze, die andere (Nr. 0,35 bis 0,50) am Ende zu stellen war, bis zu 72 Wagen*) oder . . . . 122,4 „

*) Die angehängte Last war im ersten Falle etwas gering und zwar mit Rücksicht auf die große Zahl der erforderlichen Bremsleute. Denn es mußte in der That bei Anwendung einer einzigen Maschine die Hälfte der Wagen mit Bremsen und Bremsern versehen werden, bei Anwendung von 2 Maschinen aber blos der vierte Theil der Wagen. Daher wurde die letztere Methode, welche mehr Sicherheit gewährte, vorzugsweise angewendet.

Schätzt man den Zugwiderstand unter den angegebenen Verhältnissen abgesehen von der Steigung zu 0,007, so berechnet sich im ersteren Falle ein Adhäsionscoefficient = 0,141, im zweiten = 0,149.

Aus diesem Beispiele, sowie aus andern, auf den Rhone- und Loirebahnen vorgekommenen Fällen geht hervor, daß auf starken Steigungen von geringer Länge, auf denen die Geschwindigkeit ohne Nachtheil allmälig abnehmen darf, auf eine Stärke der Adhäsion bis zu 0,15 von dem auf den gekuppelten Rädern ruhenden Gewichte gerechnet werden darf.

Leistung der Locomotiven und Kosten pro gezogene Tonne auf verschiedenen schiefen Ebenen. — Wir wollen jetzt versuchen, die auf den Rhone- und Loirebahnen erzielten praktischen Resultate bezüglich der von gemischten Maschinen mittlerer Stärke mit sechs gekuppelten Rädern auf verschiedenen Steigungen verrichteten Leistung in einer Tabelle übersichtlich zusammenzustellen. Es ist hierzu zu bemerken, daß bei letzteren Maschinen (Nr. 9 bis 28 und 0,51 bis 0,80) das Gewicht der Räder und anderer Theile nicht so weit reducirt worden war, als wohl möglich gewesen wäre, weil man nicht genug Adhäsion zu haben fürchtete und erkannt hatte, daß das Gewicht, welches für manche Axen 12½ Tonnen überschritt, den Oberbau zu sehr angreifen und sehr schnell Zerstörungen in der Oberfläche der Schienen hervorrufen würde. Man hat auch bei den im Jahre 1858 für die Eisenbahn des Bourbonnais gebauten Maschinen dieselben Dimensionen der Kessel und Cylinder beibehalten zu müssen geglaubt, jedoch das Gewicht pro Axe auf 10½ Tonnen vermindert.

Obschon im Folgenden die Verwendung von starken Schienen vorausgesetzt ist, so sollen doch die in der nachstehenden Tabelle einzutragenden Zahlen auf zwei mittelstarke Maschinen, nämlich eine gemischte Maschine für Personenzüge, 32 Tonnen schwer, mit vier gekuppelten und 22 Tonnen Last tragenden Rädern und einem 17 Tonnen schweren Tender, und eine 33 Tonnen schwere Maschine mit sechs gekuppelten Rädern und einem 17 Tonnen schweren Tender, bezogen werden.

Bei den gemischten Maschinen setzen wir den Zugwiderstand für Locomotive und Zug für eine Bahn mit häufigen Curven à 500 und selbst 300 Met. Radius und bei einer Geschwindigkeit von 35 bis 40 Kilometern pro Stunde = 0,008, und bei der sechsrädrigen nur mit 15 bis 20 Kilometer Geschwindigkeit laufenden Maschine = 0,006. Diese auf Beobachtungen mit frei herabrollenden Zügen begründeten Coefficienten sind auch diejenigen, welche bei der Berechnung der in den Tabellen Nr. 2 und 3 mitgetheilten Angaben über die von den Maschinen und Zügen entwickelte Adhäsion zu Grunde gelegt worden sind.

Ebenso ist die mittlere Ladung nach dem Adhäsionscoefficienten 0,125 berechnet worden, welchen wir für die Bewegung der Züge auf Steigungen von 1,4 % ermittelt haben. Die Maximallasten, welche unter den günstigen Zuständen der Schienen und auf kurzen Strecken bei schwachen Geschwindigkeiten fortbewegt werden können, sind mit dem Adhäsionscoefficienten 0,15 und die kleinsten Lasten für glitscherige Schienen mit dem Coefficienten 0,10 berechnet.

Zur Vergleichung nehmen wir an, daß die Kosten der Maschine incl. 5 % Verstärkung bei den gemischten Maschinen pro Zugkilometer 0,9 und bei den Maschinen mit sechs gekuppelten Rädern 1,0 Franc betrügen, und berechnen hiernach die Kosten pro Tonne bei mittlerer Ladung.

Steigung.	Gemischte Maschinen.				Maschine mit 6 gekuppelten Rädern.			
	Schwere des Zuges.			Kosten pro Tonne Zuggewicht.	Schwere des Zuges.			Kosten pro Tonne Zuggewicht.
	Maximum. Tonn.	Minimum. Tonn.	Mittel. Tonn.	Franc.	Maximum. Tonn.	Minimum. Tonn.	Mittel. Tonn.	Franc.
0 : 1000	363	226	295	0,0030	840	500	636	0,0016
5 : 1000	205	120	163	0,0055	436	250	325	0,0031
10 : 1000	134	75	104	0,0086	290	156	208	0,0048
15 : 1000	95	47	71	0,0127	205	107	147	0,0068
20 : 1000	69	30	49	0,0184	156	77	109	0,0092
25 : 1000	51	18	34	0,0265	123	56	83	0,0120
30 : 1000	38	9	24	0,0375	99	42	65	0,0154
35 : 1000	—	—	—	—	81	31	51	0,0196
40 : 1000	—	—	—	—	66	22	40	0,0250
45 : 1000	—	—	—	—	55	15	31	0,0323
50 : 1000	—	—	—	—	46	9	24	0,0417

Verhältniß zwischen der bei der Bergfahrt ausgegebenen Arbeit zur ganzen Arbeit. — Preis des Kilogrammeters. — Nach den mitgetheilten Daten läßt sich berechnen, wie sich die auf das Hinaufschleppen eines Zuges verwendete Arbeit zu der ganzen verrichteten Arbeit bei Fortbewegung der Maschine sammt Zug verhält. Dieses Verhältniß, welches bei einer Steigung von 1 : 200 etwa 86% beträgt, sinkt für eine Steigung von 3 : 200 auf 74% und wird auf einer Steigung von 7 : 200 sogar nur 50%.

Der Preis pro Kilogrammeter steigt dagegen in umgekehrtem Verhältniß. Er beträgt 0,00000028 Franc bei einer Steigung von 1 : 200, 0,00000032 bei der Steigung 3 : 200 und 0,00000048 bei der Steigung von 7 : 200.

Einfluß der Steigung auf die Kosten. — Die Erhöhung der Kosten wird bei Personenzügen erst dann merklich, wenn man genöthigt ist, Hilfsmaschinen oder Maschinen von besonderer Bauart zum Fortschaffen der gewöhnlichen Züge anzuwenden. Nun haben wir aus den in Tabelle 2 verzeichneten Resultaten gesehen, daß ein mittleres Gewicht von 60 bis 70 Tonnen pro Zug genügt, um durchschnittlich 90 bis 120 Passagiere zu befördern, wobei die für die Messagerie ausfallenden 2 Tonnen nicht mit inbegriffen sind.*)

Hiernach und nach Anhalten der letzten Tabelle wäre die Anwendung der gewöhnlichen gemischten Maschinen für Steigungen von 15 auf 1000 oder 3 : 200 als dem gewöhnlichen Personenverkehr entsprechend anzusehen und würde überdies auf geringeren Steigungen eine größere Geschwindigkeit als die von uns angenommene von blos 35 Kilometern gestatten. Bei mehr als 1,5% Steigung kann man schon einen starken Personenverkehr befriedigen, wenn man Maschinen mit sechs gekuppelten Rädern nimmt, welche selbst für Steigungen von 2,5 bis 3,5 Procent ausreichen.

Die soeben angegebene Höhe der mittleren Personenzahl pro Zug ist jedoch nur zu erwarten, wenn eine Eisenbahn die Mittelpunkte einer gewerbtreibenden und größeren Bevölkerung verbindet, viel öfter giebt der Personenverkehr allein nur eine ungenügende Einnahme pro Kilometer und Zug. In solchen Fällen wendet man gemischte Züge an, wie dies auf der Strecke Saint Etienne-Roanne der Fall war, da hier die durchschnittliche Passagierzahl nur 30 bis 40 betrug.

In solchen Fällen wird die Anwendung von Maschinen mit sechs gekuppelten Rädern auf Strecken, wo die Steigung 1,2 bis 1,5 Procent beträgt, vortheilhaft werden.

Für **Güterzüge** kann man aus derselben Tabelle die erforderlichen Reductionen im Zuggewicht finden, welche durch Steigungen, seien es continuirliche oder blos einzelne auf dem Wege einer Locomotive vorkommende, veranlaßt werden dürften. Wenn starke Steigungen keine beträchtliche Länge haben, so kann man, wie wir bereits auseinandergesetzt haben, sich den Maximalbelastungen nähern.

Wenn man ein bestimmtes Verhältniß zwischen der mittleren Nutzlast der Wagen und ihrem Eigengewicht statuirt, so kann man den relativen Preis des Transportes pro Tonne Nettogewicht ermitteln, vorausgesetzt, daß die Stärke des Güterverkehres bergauf und bergab über die schiefen Ebenen gegeben ist, welche von Einfluß auf die Schwere der Züge ist.

Auf der Rhone- und Loire-Eisenbahn betrug die mittlere Ladung eines Waggons nach der allgemeinen Statistik auf 1853 1920 Kilogramme, während die Tara eines leeren Wagens im Durchschnitt nicht 1500 Kilogr. überstieg. Die Zugabe von Auffatzbrettern auf die Waggons machte dieses Verhältniß für das Jahr 1855 und 1856 noch günstiger, aber im Jahre 1858 sank in Folge der Einführung eines stärker gebauten und zum Uebergang auf die übrigen großen Eisenbahnlinien eingerichteten Materiales das Verhältniß der Nutzlast zur Bruttolast. Die Ziffern der Tabelle 3 lassen übrigens erkennen, daß das Gewicht der Ladung immer noch mindestens so groß war, als die Tara; auf andern Bahnen aber, welche bei weitem nicht so bedeutende Kohlen-, Erz- und Eisenmassen zu transportiren haben, beträgt die Ladung oft nur 3/4 von dem Eigengewicht des Fahrzeuges.

Nimmt man nun den günstigen Fall an, wo die mittlere Ladung gleich viel wiegt, als der leere Wagen, und wo in beiden Richtungen gleich viel Güter zu transportiren sind, so hätte man die in der vorstehenden Tabelle angegebenen Preise pro Tonne Zuggewicht zu verdoppeln, um die der Tonne Nettogewicht entsprechende Ziffer zu erhalten.

Wegen der hohen Preise, welche sich bei Anwendung gewöhnlicher Maschinen auf sehr starken Steigungen ergeben, ist man dahin geführt worden, bei starkem Verkehre **besonders starke Maschinen** zu verwenden, bei denen das Gewicht des Cokes und Wassers mit zur Erzeugung von Adhäsion verwendet wird. In diesem Falle, ebenso wie in dem Falle, wo umgekehrt der Betrieb mit schwächeren Maschinen, als die in der Tabelle zu Grunde gelegten, ausreichend erscheinen sollte, kann man unter Zugrundelegung der Rechnungsansätze, welche oben benutzt wurden,

*) Im Jahre 1853—1854 wogen die zwischen Saint Etienne und Lyon fahrenden Wagen im Mittel 3600 Kilogr. und faßten je 24 Personen, was 150 Kilogr. Gewicht pro Platz macht. Die Axen und Räder dieser Wagen, welche zu schwach und niedrig waren, wurden im Jahre 1855 eingewechselt, worauf das Gewicht auf 4200 Kil. oder 175 Kil. pro Platz stieg. Im Juli 1857 endlich kam das neue Material in Gebrauch, welches sehr solid gebaut war, und wovon die Wagen erster Classe 24, diejenigen zweiter 40 und diejenigen dritter Classe 50 Plätze enthielten. Nach der Zusammensetzung der Züge konnte man durchschnittlich 40 Plätze pro Wagen und 170 Kilogr. Gewicht pro vorhandenen Platz rechnen.

ebenfalls leicht die relative Leistung verschiedener Arten von Maschinen ermitteln.

Ohne hierauf näher eingehen zu wollen, will ich nur bemerken, daß aus den oben citirten Thatsachen hervorgeht, daß bei starken Steigungen die Anbringung einer zweiten, den Zug von hinten-schiebenden Maschine eine vollkommene Sicherheit in Bezug auf Brüche in der Kuppelung gewährt und dabei die Verminderung der Zahl der Bremser auf die Hälfte gestattet, sowie andererseits, daß es behufs der Vermehrung der Stärke der Maschinen nicht hinreichend sein würde, wenn man blos das Adhäsionsgewicht vermehren wollte, sondern daß gleichzeitig auch die Heizfläche und die Dampferzeugungsfähigkeit der Maschinen vergrößert werden muß, wenn man mehr Axen kuppelt. Deshalb baut man für sehr frequente Eisenbahnen Maschinen mit vier gekuppelten Axen und vier Cylindern, ja sogar solche mit noch mehr Axen; die Erfahrung wird lehren, ob sie in Fällen, wo man ihre Leistungsfähigkeit ganz ausnutzen kann, trotz der ohne Zweifel mit diesen neuen Systemen verbundenen Mehrkosten besondere Vortheile vor den gewöhnlichen Locomotiven gewähren werden, und bis zu welchem Grade man ihre Anwendung ausdehnen kann.

IV. Vergleichung zwischen den Kosten der verschiedenen Beförderungsmittel. — Einfluß derselben auf den Unterhaltungsaufwand und die Anlagskosten, sowie auf die Kosten des Eisenbahnbetriebes.

§. 1. Betrieb mit großer Geschwindigkeit.

Bei der Relation über die Beförderung mit Pferden bei großer Geschwindigkeit, d. h. bei 18 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde auf schwachen Steigungen, bei 15 Kilom. Geschwindigkeit auf Steigungen von 1% und bei 8 bis 10 Kilom. Geschwindigkeit auf Rampen von 3 bis 5% Steigung, gelangten wir zu folgenden Ergebnissen:

1. Auf Steigungen von 0 bis 1/2 Procent betrugen die Kosten für die Zugkraft 0,0745 Franc pro Tonne Diligence und Kilometer oder 0,44 Fr. pro Diligence (5900 Kil. Gewicht incl. Ladung) und Kilometer.

2. Auf einer Steigung von 1:100 ergab sich, mit Rücksicht auf die Benutzung der Schwere bei der Rückfahrt, der Aufwand pro Tonne und Kilometer gleich der Hälfte der Kosten bei der Bergfahrt nämlich gleich 0,085 Franc und der Aufwand pro Diligence und Kilometer, gleich 0,5 Franc.

3. Auf starken Steigungen von 3 bis 5 Procent betrug der Aufwand (bei der durchschnittlichen Steigung von 3,4 : 100) pro Tonne und Kilometer unter Berücksichtigung des Rückweges 0,175 Franc und pro Wagen 1,03 Franc.

Vorstehende Angaben lassen sich ohne wesentliche Abweichung auf jeden fortgeschafften Wagen anwenden und es geht daraus hervor, daß der Locomotivbetrieb vortheilhafter wird, sobald der Verkehr 18 bis 20 Personen pro Zug übersteigt, was auf der Eisenbahn von Roanne die höchste durchschnittliche Besetzung war bei einem Wagen mit 40 Plätzen, welcher zugleich das Passagiergepäck und die Post aufnahm, und sobald man genöthigt ist, mehrere Wagen in jeden Zug einzustellen. Man kann starke Maschinen und gemischte Züge, oder leichte Maschinen anwenden, wofür der Aufwand merklich unter 0,9 Franc pro Kilometer des zurückgelegten Weges herabgebracht werden kann.

Bei starken Steigungen ist die Ersparniß, welche stehende Maschinen beim Personentransport bewirken, um so bedeutender, je besser sie noch beim Gütertransport mit verwendet werden. Die Vermehrung der andern Kosten, welche mit der Anwendung der Locomotiven verbunden sind, bezieht sich hauptsächlich

1. auf die Kosten des anzuschaffenden Oberbaues; denn, wenn seine Theile nach den Fahrzeugen, welche darauf laufen sollen, proportionirt sind, so sind die Unterhaltungskosten des Geleises wegen der geringen Zahl der Fahrten der Maschine nicht beträchtlicher als bei Pferden, welche die Planie zwischen den Schienen stets ruiniren und keine so vollständige Austrocknung gestatten;

2. auf die Kosten der Ueberwachung, der Wärter an Niveauübergängen u. s. w., welche bei Anwendung von Pferden, der geringen Geschwindigkeit wegen, sehr bedeutend reducirt werden, wo nicht ganz wegfallen können.

§. 2. Betrieb mit geringer Geschwindigkeit.

Für den Güterverkehr ist es nicht so einfach, Vergleichungen anzustellen. Um die Verhältnisse deutlicher zu machen, sind in der folgenden Tabelle, welche aus den bereits früher mitgetheilten Tabellen über Güterbeförderung zusammengetragen ist, die Kosten pro Tonne netto auf verschiedenen Rampen verzeichnet worden. Dieselben sind, wie bereits bemerkt wurde, bei den Locomotiven unter der Voraussetzung einer dem Eigengewicht der Fahrzeuge gleichkommenden Ladung und eines gleich starken Verkehres nach beiden Richtungen hin zum Doppelten der Kosten pro beförderte Tonne Bruttogewicht ermittelt worden. Auf diese Weise ist die Benutzung der Schwerkraft bei der Thalfahrt und der Aufwand bei der Retourfahrt der Maschinen, deren durchschnittliche Kosten pro Kilometer für die aufwärts-, wie für die abwärts gehenden Züge gleich angesetzt sind, berücksichtigt. Wenn man beim Betriebe mit Pferden oder stehenden Maschinen ebenfalls die Fahrt abwärts berücksichtigt, so wird der Aufwand pro Tonne Nettogewicht gleich dem Aufwande pro Tonne Bruttogewicht bei der Fahrt aufwärts.

Mit Hilfe der in den frühern Kapiteln mitgetheilten Details ist es möglich, die Ziffern dieser Tabelle so zu modificiren, daß sie auch auf den häufiger vorkommenden

Fall, wo die obigen Bedingungen bezüglich der Steigungen und des gleichen Verkehres u. s. w. nicht erfüllt sind, passen. Jedoch müssen allemal noch die Kosten für die Bremsbedienung, welche auf steilen Rampen erforderlich ist, hinzugefügt werden, und es ist bereits angegeben worden, welche Zahl von Bremsen unter den verschiedenen Gefäll- und Betriebsverhältnissen erforderlich ist. Hiernach läßt sich also der Zuwachs an Kosten bemessen, der durch eine bestimmte Tracirung herbeigeführt werden würde.

Steigungsverhältniß.	Kosten pro Tonne Nettogewicht und Kilometer in Francs. Betrieb mit			
	Pferden. Geschw. 4 Kilom.	stehenden Maschinen. Geschw. 15 Kilom.	gemischten Locomotiven. Geschw. 35 Kilom.	Locomotiven mit 6 gekupp. Rädern. Geschw. 15 Kilom.
0,000	0,035	"	0,0060	0,0032
0,005	0,043	"	0,0110	0,0062
0,010	0,066	"	0,0172	0,0096
0,015	0,088	"	0,0254	0,0136
0,020	0,1125	"	0,0368	0,0184
0,025	0,137	0,027	0,0530	0,0240
0,030	0,1645	0,0315	0,0750	0,0308
0,035	0,193	0,036	"	0,0392
0,040	0,225	0,0405	"	0,0500
0,045	0,259	0,045	"	0,0646
0,050	0,295	0,0495	"	0,0834

Betrieb mit Pferden. — Wir müssen uns hier erinnern, daß die Unterlagen, auf welche sich die oben angegebenen Kosten des Pferdebetriebes stützen, den günstigsten Verhältnissen und einer ökonomischen Bewirthschaftung entlehnt sind. Demungeachtet sind diese Kosten so bedeutend, daß der Pferdebetrieb hiernach nur für kurze Zweigbahnen anwendbar erscheint, wenn diese mit großen Eisenbahnlinien in Verbindung stehen und das Umladen vermieden werden soll. Es werden denn auch alle Zweigbahnen von etlichen Kilometern Länge, welche in die Rhone- und Loirebahnen einmünden, seit vielen Jahren schon mit Locomotiven betrieben.

Man hat daher die Ergebnisse des Pferdebetriebes nur in Bezug auf isolirte Bahnen und sehr geringen Verkehr zu betrachten, wo ein leichtgebautes Material anwendbar ist, wie auf den ehemaligen Rhone-Loire-Eisenbahnen. Dann lassen sich auch einige Reductionen in Bezug auf die Tara der Fahrzeuge, sowie auf die Gestehungskosten des Materiales und der Bahn machen und es stellen sich die Kosten für die Unterhaltung des Geleises wesentlich geringer als sonst heraus, weil jede Ueberwachung und alle Wärter auf der Bahn, wie an den Wegübergängen wegfallen. Daher kam es, daß die Eisenbahn von Andrézieux nach Roanne bei einem Verkehr von 8000 Francs pro Kilometer in den Jahren 1841 bis 1844 nur 800 Francs Kosten pro Kilometer für die Unterhaltung der Bahn aufzuwenden hatte, obschon die Kosten für die Zugkraft wuchsen.

Seilebenen mit stationären Maschinen. — Handelt es sich blos um die Vergleichung der stationären Maschinen und Locomotiven bezüglich der nützlichen Verwendung ihrer Leistungsfähigkeit zum Aufwärtsziehen von Zügen auf steilen Rampen, so ist ersteren Maschinen entschieden der Vorzug einzuräumen. Wir sahen z. B., daß bei der Seilrampe von Neulize die stationäre Maschine 85% ihrer verrichteten Arbeit wirklich zur Bewegung des Zuges verwendete. Bei den Locomotiven ist dies nicht so, vielmehr vermindert sich hier das Verhältniß der ausgegebenen zur aufgewendeten Arbeit mit der Zunahme der Steigung, so daß es nur noch 0,5 beträgt bei 3,5% Steigung.

Die Seilrampen mit stationären Maschinen verursachen dagegen meistentheils kostspielige Manipulationen an ihren Endpunkten, welche in der Tabelle nicht mit berücksichtigt sind. Sie gewähren auch, wie die Tabelle zeigt, nur dann ökonomische Vortheile gegen die gewöhnlichen Locomotiven, wenn die Steigung mehr als 3% beträgt.

Ihr Gebrauch veranlaßt mancherlei störende Zeitverluste für die Züge, und sie sind kaum anwendbar für die gewöhnlichen langanhaltenden schiefen Ebenen mit vielen Curven. Man kann derartige Anlagen also blos bei Dienstbahnen oder in ganz besondern Fällen für gut befinden. Um geradlinige Strecken zu bekommen, hatte man zwischen Balbigny und Roanne drei Seilrampen anlegen müssen, eine zu Biesse, diejenige zu Neulize mit zwei Abhängen und die selbstwirkende Seilrampe zu Buis, sämmtlich durch

schwache Steigungen von einander getrennt. Dieser ungünstige Umstand war von großem Einfluß auf die Kosten, welche sich für die ganze, 9 Kilometer lange Strecke auf 0,07 Franc pro Kilometer und pro Tonne Nettogewicht (Transport nach beiden Richtungen) beliefen. In diesem Satze sind die Kosten für die Bremswärter und für die Bewegung durch Pferde an den Enden der Seilrampe mit inbegriffen, und wenn man noch die Kosten für Unterhaltung der Bahn und der Fahrzeuge, sowie für den Betrieb im Allgemeinen, welche sich auf 3,2 Centimes pro Tonne und Kilometer beliefen, hinzurechnet, so kommt man auf die Totalsumme von 0,102 Franc. Auf der Bahn von Montrambert, wo sich eine Seilebene mit stationärer Maschine und eine selbstwirkende Seilrampe befand und der Dienst am Fuße der Rampen mit Pferden verrichtet wurde, betrug die Totalsumme der Kosten über 0,14 Franc pro Tonne und Kilometer.

Betrieb mit Locomotiven. — Die Angaben, welche wir über die Kosten des Betriebes auf der Rhone- und Loire-Eisenbahn vor ihrer Correction beibringen könnten, beziehen sich auf einen so schwachen und mit soviel Stationsdienst u. s. w. belasteten Betrieb, daß sich daraus nur mit Schwierigkeit Resultate von einigermaaßen allgemeinerer Anwendbarkeit ableiten lassen. Tabelle 3 hat uns gezeigt, welche mittleren Lasten auf verschiedenen Steigungen und von verschiedenen Arten von Maschinen aufwärts gezogen werden konnten, sowie daß sich die nützliche Leistung der Maschinen gewissermaaßen auf das Dreifache hat steigern lassen.

Die mittleren Kosten pro Kilometer des von den Maschinen zurückgelegten Weges betrugen in den Jahren 1853 und 1854 für die ganze in sieben Maschinenstationen getheilte Strecke von Lyon nach Roanne 0,989 Franc, es ist jedoch hierzu zu bemerken, daß sich diese Kosten auf die im Gleise zurückgelegten Strecken beziehen, wie sie in der Betriebsübersicht angegeben sind, und daß sie um einen sehr beträchtlichen Werth höher angesetzt sein müßten, wenn die Manipulationen in den Stationen und Weichen, welche beim Arrangiren der Züge nöthig waren, mit berücksichtigt wären. Diese von der Gesellschaft den Unternehmern gezahlte Summe begreift einen Zuschlag von ungefähr 10 Procent für den Umbau der Locomotiven nach neuen Modellen und war nicht unbedeutend höher als die wirklich den Unternehmern zuwachsenden Kosten, sodaß diese bedeutende Ueberschüsse machten.

Als in den folgenden Jahren die Dimensionen und die Stärke der Maschinen vergrößert und die Erweiterungen und Correctionen des Oberbaues vollendet waren, konnte die von denselben Maschinen zurückzulegende Weglänge verdreifacht werden und sie gewährten eine wesentliche Vermehrung der verrichteten Arbeit, ohne daß deshalb eine Vermehrung der Kosten für Brennmaterial und Unterhaltung eingetreten wäre.

Es können somit die in den verschiedenen Tabellen angegebenen Kosten dazu dienen, die sich aus der Steigung der vorkommenden Rampen ergebenden Kosten zu ermitteln, wobei vorausgesetzt ist, daß die Züge, wie dies auf der Eisenbahn von Saint Etienne nach Lyon gewöhnlich der Fall war, ihre volle Ladung besitzen; wäre dies nicht der Fall, so müßte nothwendigerweise dieser Umstand besonders berücksichtigt werden.

Wenn man sich anderer Maschinen, als solcher bedienen wollte, von denen oben die Rede war, so würde man ohne Schwierigkeit ermitteln können, welche Resultate sie geben dürften, wenn man nur auf die gegebenen Unterlagen zurückgeht.

Unterhaltungsaufwand für den früheren Oberbau. — Wir müssen hier daran erinnern, daß die Ersparnisse, welche auf der Eisenbahn von Roanne nach Lyon durch Anwendung immer stärkerer Maschinen nach und nach erzielt wurden, lediglich darauf beruhten, daß der Oberbau sowohl durch Erweiterung des Gleises, als durch allmälige Anwendung schwerer Schienen verbessert wurde.

Was den Unterhaltungsaufwand anlangt, so war derselbe immer ansehnlich genug, besonders wenn man die bereits erwähnte allmälige Erneuerung mit in Rechnung zieht. Auf der Linie von Andrézieux nach Roanne belief sich der jährliche Aufwand für Unterhaltung und Ueberwachung der eingleisigen Bahn bei einer durchschnittlichen Einnahme von 12000 bis 14000 Francs pro Kilometer in den fünf Jahren 1849 bis 1853 auf 2030 Francs pro Kilometer; hierunter befinden sich nur 380 Fr. pro Kilom. für verwendetes Material zur Schienenlagerung (matériaux de pose), während die allgemeinen Einwechselungs- und Erneuerungskosten auf das Conto der Baukosten geschrieben waren. Auch ist dabei noch zu bemerken, daß die Kosten für die Ueberwachung und den Wärterdienst an den Straßenübergängen damals geringer waren, als diejenigen, welche jetzt theils in Folge administrativer Vorschriften, theils wegen der erst später eingeführten Nachtzüge erwuchsen.

In den Jahren 1849 bis 1852 hatte die Eisenbahn von Saint Etienne nach Lyon, welche damals beträchtliche Strecken ausgewechselt hatte, für Unterhaltung und Ueberwachung eine Summe von durchschnittlich 9530 Francs pro Kilometer aufzuwenden, welche gänzlich im Conto der Betriebskosten verschrieben wurde.

Im Jahre 1853 betrug dieser Aufwand 8427 Francs, während der Verkehr 100000 Francs pro Kilometer überstieg und 40000 Meter Nebengleise auf Stationen, in Magazinen u. s. w. existirten. Endlich gab in demselben Jahre die ganze Strecke der Rhone-Loire-Eisenbahn, deren Bruttoeinnahme 49000 Fr. pro Kilom. betrug, als Durch-

schnittszahl des Capitels Unterhaltung eine Summe von 4800 Fr. pro Kilom., worunter die Erneuerungsarbeiten mit 1100 Fr. figuriren.

Vorzüge des Oberbaues mit schweren Schienen. — Wenn man den Zweck, den man auch bei allen Zweigbahnen verfolgt, nämlich die directe Verbindung der berührten Ortschaften mit den großen Eisenbahnlinien, in's Auge faßt, so leuchtet es ein, daß man selbst bei unbedeutendem Verkehr besonders danach zu trachten hat, häufige Einwechselungen des Gleises zu vermeiden und die Fahrzeuge und kräftigen Maschinen der Hauptbahnen auf ihnen verwenden zu können. Man wird also in der Regel bei der Anlage des Oberbaues keine erheblichen Ersparnisse machen können; die Anwendung schwererer Schienen und die sonstigen Vorkehrungen zur soliden Herstellung des Oberbaues können keine Vermehrung der Anlagskosten um mehr als etwa 10000 Francs pro Kil. herbeiführen, was einer Vermehrung des Jahresaufwandes um durchschnittlich 600 Francs entsprechen würde. Solch ein Mehraufwand ist aber bei den Totalkosten durch die Ersparniß an Kosten für Instandsetzung und Erneuerung des Gleises bald wieder eingebracht, wenn man selbst auf die weit wichtigeren Ersparnisse nicht Rücksicht nehmen will, welche sich in den Kosten für die Zugkraft und bei der Construction anderer Theile der Bahn realisiren lassen. Durch die Anwendung kräftigerer Locomotiven ist man nämlich in Stand gesetzt, steilere Rampen anzuwenden, ohne das Gewicht der Züge zu sehr einschränken zu müssen.

Einfluß starker Curven und steiler Rampen. — Diese Principien sind jetzt allgemein anerkannt, aber wir haben gesehen, welche Hindernisse sich auf der Rhone- und Loire-Eisenbahn der Verbesserung des Betriebes dadurch entgegenstellten, daß man nicht genügend kräftige Maschinen anwenden konnte. Hätte dieses Hinderniß nicht vorgelegen, so würden die Nachtheile der starken Steigungen viel leichter zu beseitigen gewesen sein. Was die Curven anlangt, so haben wir gesehen, daß Maschinen mit sechs gekuppelten Rädern (allerdings solche von kleinem Caliber) lange Zeit hindurch Curven und Gegencurven von 100 Meter Radius, welche nicht durch gerade Strecken in einander übergeführt waren, ohne Nachtheil befahren haben, sobald dies nur die Stärke der Schienen erlaubte. Es war hierzu weiter Nichts erforderlich, als daß das Geleis und die Axbüchsen der Locomotiven den erforderlichen Spielraum erhielten. Noch mehr, starke Locomotiven mit sechs gekuppelten Rädern haben gelegentlich Strecken, für die sie nicht bestimmt waren, mit einer Steigung von 3,3 Procent und Curven von 150 und sogar 124 Meter Radius befahren. Während der Vorversuche kamen allerdings in der letzteren Curve Ausgleisungen vor, aber als die Schienen in passender Weise auseinandergerückt und verlegt waren, so ist ohne irgend eine Veränderung an der Maschine selbst der Betrieb auf diesen Strecken 10 Monate hindurch fortgesetzt worden, wenn auch mit geringer Geschwindigkeit.

Wenn man auch bei Maschinen von der gewöhnlichen Steifheit und dem gewöhnlichen Radstande nicht bis auf dieses äußerste Maaß hinabgehen will, so läßt sich doch hieraus erkennen, daß Curven von 200 und 300 Meter Radius gar nichts Bedenkliches haben und bezüglich der Fahrzeuge gar keine Schwierigkeiten bereiten. Sie sind nur, wie starke Steigungen, mit dem Uebelstande behaftet, daß die Geschwindigkeit vermindert werden muß, und daß ein höherer Aufwand, sowie die Nothwendigkeit einer bessern Unterhaltung der Bahn erwächst.

V. Folgerungen und Hauptresultate.

Anlagskosten und Betriebsergebnisse in den verschiedenen Perioden. — Die Betriebsergebnisse, welche nach Aufgabe des Pferdebetriebes und nach Verbesserung der Bahn beim Betriebe mit Locomotiven erzielt worden sind, zeigt nachstehende Tabelle, in welcher für die drei älteren Linien die Anlagskosten, die Einnahmen und die Betriebskosten aus den Jahren 1843 und 1853 angeführt sind.

	Saint Etienne nach Andrézieux 18 Kilometer.		Saint Etienne nach Lyon 57 Kilometer.		Andrézieux nach Roanne 67 Kilometer.	
	1843 Fr.	1853 Fr.	1843 Fr.	1853 Fr.	1843 Fr.	1853 Fr.
Anlagskosten pro Kilometer	137224	190109	320537	388107	140437	178296
Brutto-Einnahme	24223	28104	67088	103889	8082	14836
Betriebskosten	18402	16412	38560	49623	6450	9230
Netto-Einnahme	5921	11692	28528	54226	1632	6606
Verhältniß der Kosten zur Einnahme	75 %	58,4 %	57 %	48 %	80 %	62,2 %
Verhältniß der Netto-Einnahme zu den Anlagskosten	4,31 %	6,15 %	8,9 %	13,97 %	1,66 %	3,1 %

Die Vermehrung in den Anlagskosten bezieht sich fast ausschließlich nur auf die Verbesserung des Gleises und die Vermehrung der Maschinen und Wagen; übrigens ist die Steigerung des Verkehrs und besonders der Nettoeinnahmen groß genug gewesen, um die von den Gesellschaften gebrachten Opfer reichlich zu ersetzen.

Um die vorstehenden Angaben richtig zu beurtheilen, muß man auf die mittleren Tarife, welche für den, $^4/_5$ des ganzen Betriebes umfassenden Betrieb mit geringer Geschwindigkeit aufgestellt waren, zurückgehen. Im Jahre 1843 betrug der Tarif 0,16 Fr. pro Tonne und Kilometer auf der Linie Saint Etienne-Andrézieux, 0,114 Fr. auf der Linie Saint Etienne-Lyon und 0,125 Fr. auf der Bahn von Andrézieux nach Roanne; im Jahre 1853 wurde er aber herabgesetzt auf 0,1373 Fr. für die erste, auf 0,1011 Fr. für die zweite und auf 0,1005 Fr. für die dritte Linie.

Wir haben noch hinzuzufügen, daß der Verkehr nicht hätte gesteigert werden und der wachsenden Bedeutung des Bassins von Saint-Etienne nicht hätte genügen können, wenn nicht Correctionen und Anschaffungen neuen Materiales aller Art stattgefunden hätten. Deshalb sind auch seit 1854 beträchtliche Summen aufgewendet worden, um die alten Bahnen zu erneuern und zu corrigiren, und ein mit den Haupteisenbahnen harmonirendes Betriebsmaterial neu zu schaffen. Wir sehen, welche Ersparnisse und Erweiterungen im Betriebe dadurch möglich geworden sind, jedoch läßt sich auf dieser Section ein so ökonomischer Betrieb, wie auf andern Strecken großer Hauptbahnen nicht verhoffen. Die Rampen zwischen Givors und Saint Etienne, welche nur durch die Bedeutung des Kohlentransportes in der Richtung nach abwärts eine Compensation finden können, sind dabei nicht das hauptsächlichste Hinderniß; dieses liegt vielmehr in den verhältnißmäßig beträchtlichen Kosten, welche die Kürze der Strecke und die vielfachen Zwischenmanipulationen auf dieser von Givors bis Saint Etienne nur eine stetige Folge von Haltepunkten und Abzweigungen zeigenden Strecke verursachen.

Schlußfolgerungen. — Was die Schlußfolgerungen anlangt, welche sich aus den in den vorigen Capiteln gegebenen Vergleichungen in Bezug auf die Wahl der Betriebsmethode und die Art der Tracirung ziehen ließen, so können sie eine allgemeine Giltigkeit nicht beanspruchen.

Die Anforderungen verschiedener Art, welchen eine Bahn bezüglich des Verkehres zu genügen hat, die Zahl und die Schwere der Züge, welche im Durchschnitt zu erwarten ist, sind die einzigen Elemente, auf denen sich, unter Vergleichung der verschiedenen Ziffern für Anlags- und Betriebskosten, welche sich unter Zugrundelegung verschiedener Bahntracen ergeben, die Grenzen bezüglich der anzunehmenden Curvenhalbmesser und Steigungen feststellen und zugleich die geeignetsten Betriebsmethoden und die angemessensten Systeme der Locomotiven ermitteln lassen.

Wie wir schon im Eingang dieser Notiz bemerkten, ging unsere Absicht nur dahin, einige Thatsachen, welche an sich belehrend sind, mit genügender Ausführlichkeit vorzuführen, und die Ergebnisse großartiger Versuche zu veröffentlichen, welche unter hinreichend verschiedenen Verhältnissen gewonnen worden sind, um für ähnliche Fälle geeignete Unterlagen abgeben zu können.

Die zusammengesetzten Ausflußverhältnisse theoretisch entwickelt und durch Versuche erläutert

vom

Bergrath, Prof. Dr. Julius Weisbach.

(Hierzu Tafel 8.)

I. Der gleichzeitige Ausfluß durch zwei Mündungen unter abnehmendem Drucke.

§. 1. Wenn das Wasser durch zwei Mündungen F und F_1 aus einem Gefäße ABCD, Fig. 1, ausströmt, welches von oben herein bis zur oberen Mündung F_1 einen unveränderlichen Querschnitt G hat und während des Ausströmens keinen Zufluß erhält, so ist die Frage aufzuwerfen: in welcher Zeit t sinkt der Wasserspiegel AB um eine gewisse Tiefe $AK = BL = s$, und welche Wassermenge liefert hierbei jede der Mündungen F und F_1? Dieser Ausflußfall kommt zwar in der Praxis nicht häufig vor, verdient aber eine besondere Beachtung, weil die Beurtheilung desselben nur durch sehr zusammengesetzte algebraische Formeln möglich ist. Nur dann, wenn die Senkung s des Wasserspiegels klein ist gegen die anfänglichen Druckhöhen h und $h_1 = h - a$ der beiden Mündungen F und F_1, läßt sich die vorliegende Aufgabe durch eine einfache Formel annähernd zur Lösung bringen. Es ist dann die mittlere Druckhöhe für den Ausfluß durch F, $z = h - \frac{1}{2}s$, und die für den Ausfluß durch F_1, $z_1 = h_1 - \frac{1}{2}s$ zu setzen, wonach die entsprechenden Ausflußmengen pro Sec.:

$$Q = F\sqrt{2gz} = F\sqrt{2g(h - \tfrac{1}{2}s)} \text{ und}$$
$$Q_1 = F\sqrt{2gz_1} = F_1\sqrt{2g(h_1 - \tfrac{1}{2}s)}$$

folgen. Hiernach ergiebt sich die ganze Ausflußmenge

$$Gs = (Q + Q_1)\,t = F\sqrt{2g(h - \tfrac{1}{2}s)}\,t + F_1\sqrt{2g(h_1 - \tfrac{1}{2}s)}\,t,$$

und es ist daher die gesuchte Ausflußzeit

$$t = \frac{Gs}{\sqrt{2g}\,(F\sqrt{h - \frac{1}{2}s} + F_1\sqrt{h_1 - \frac{1}{2}s})},$$

woraus sich nun auch die Ausflußmengen der einzelnen Mündungen,

$$V = Qt = \frac{F\sqrt{h - \frac{1}{2}s}}{F\sqrt{h - \frac{1}{2}s} + F_1\sqrt{h_1 - \frac{1}{2}s}}\,.\,Gs \text{ und}$$

$$V_1 = Q_1 t = \frac{F_1\sqrt{h_1 - \frac{1}{2}s}}{F\sqrt{h - \frac{1}{2}s} + F_1\sqrt{h_1 - \frac{1}{2}s}}\,.\,Gs$$

berechnen lassen.

Diese Formeln reichen aber nicht mehr aus, und führen nach Befinden geradezu auf falsche Resultate, wenn die Senkung s des Wasserspiegels während des Ausflusses in Hinsicht auf eine der Druckhöhen h und h_1 ansehnlich ist, oder derselben sehr nahe kommt. Die dann anzuwendenden Formeln werden im Folgenden entwickelt und bei besonders zu diesem Zwecke angestellten Versuchen in Anwendung gebracht.

§. 2. Die Druckhöhe h der unteren Mündung F gehe während der Ausflußzeit t in x, sowie die Druckhöhe h_1 der oberen Mündung F_1 in y über, und es sinke der Wasserspiegel während des Zeitelementes dt um $dx = dy$, wobei die Wassermenge

$$dW = -G\,dx = -G\,dy$$

zum Ausfluß gelangt.

Nun fließen aber gleichzeitig durch die Mündungen F und F_1 die Wassermengen

$$dV = F\sqrt{2gx}\,.\,dt \text{ und } dV_1 = F_1\sqrt{2gy}\,.\,dt$$

ab, daher ist in Folge der Gleichung

$$dW = dV + dV_1$$

zu setzen:

$$-G\,dx = (F\sqrt{x} + F_1\sqrt{y})\sqrt{2g}\,.\,dt,$$

und es folgt das gesuchte Zeitelement, innerhalb dessen x und y um $dx = dy$ abnehmen:

$$dt = -\frac{G\,dx}{(F\sqrt{x} + F_1\sqrt{y})\sqrt{2g}}$$
$$= -\frac{G}{\sqrt{2g}}\,.\,\frac{dx}{F\sqrt{x} + F_1\sqrt{y}}$$
$$= -\frac{G}{\sqrt{2g}}\left(\frac{F\sqrt{x} - F_1\sqrt{y}}{F^2x - F_1^2y}\right)dx.$$

Bezeichnet man die Tiefe, um welche die Mündung F unter der Mündung F_1 liegt, durch a, setzt also $x-y=a$, so kann man in die letzte Formel $x=a+y$, sowie $y=x-a$ einsetzen, wobei sie in folgende übergeht:

$$dt = -\frac{G}{\sqrt{2g}}\left(\frac{F\sqrt{x}\,.\,dx}{(F^2-F_1^2)x+F_1^2a} - \frac{F_1\sqrt{y}\,dy}{(F^2-F_1^2)y+F^2a}\right).$$

Um diesen Ausdruck integriren zu können, setzen wir

$$(F^2-F_1^2)x+F_1^2a = U, \text{ sowie}$$
$$(F^2-F_1^2)y+F^2a = U_1, \text{ wonach}$$

$$x=\frac{U-F_1^2a}{F^2-F_1^2} \text{ und } dx=\frac{dU}{F^2-F_1^2}, \text{ sowie}$$
$$y=\frac{U_1-F^2a}{F^2-F_1^2} \text{ und } dy=\frac{dU_1}{F^2-F_1^2}$$

folgt, und es nimmt dann die zu integrirende Differenzialformel folgende Gestalt an:

$$dt = -\frac{G}{\sqrt{2g}}\left(\frac{F}{(F^2-F_1^2)^{3/2}}\cdot\frac{\sqrt{U-F_1^2a}}{U}dU - \frac{F_1}{(F^2-F_1^2)^{3/2}}\cdot\frac{\sqrt{U_1-F^2a}}{U_1}dU_1\right).$$

Bezeichnet man noch das Verhältniß $\frac{F_1}{F}$ durch m, so erhält man einfacher und übersichtlicher

$$dt = -\frac{G}{(1-m^2)^{3/2}F^2\sqrt{2g}}\left(\frac{\sqrt{U-F_1^2a}}{U}dU - \frac{m\sqrt{U_1-F^2a}}{U_1}dU_1\right).$$

Je nachdem nun $\frac{F_1}{F}=m$ kleiner oder größer als Eins ist, setzen wir entweder $\sqrt{1-m^2}=n$, oder $\sqrt{m^2-1}=p$, und erhalten nun im ersten Falle:

$$dt = -\frac{G}{n^3F^2\sqrt{2g}}\left(\frac{\sqrt{U-F_1^2a}}{U}dU - \frac{m\sqrt{U_1-F^2a}}{U_1}dU_1\right), \text{ dagegen im zweiten:}$$

$$dt = +\frac{G}{p^3F^2\sqrt{2g}}\left(\frac{\sqrt{F_1^2a-U}}{U}dU - \frac{m\sqrt{F^2a-U_1}}{U_1}dU_1\right).$$

Für den ersten Fall ist $U-F_1^2a=(F^2-F_1^2)x=(1-m^2)F^2x=n^2F^2x$, und
$U_1-F^2a=(F^2-F_1^2)y=(1-m^2)F^2y=n^2F^2y$,
dagegen für den zweiten: $F_1^2a-U=(F_1^2-F^2)x=(m^2-1)F^2x=p^2F^2x$, und
$F^2a-U_1=(F_1^2-F^2)y=(m^2-1)F^2y=p^2F^2y$.

§. 3. Die Integralrechnung giebt

$$\int\frac{\sqrt{Z-b}}{Z}dZ = 2\left[\sqrt{Z-b}-\sqrt{b}\,.\,\text{arc}\,.\left(\text{tang}=\sqrt{\frac{Z-b}{b}}\right)\right],$$

sowie

$$\int\frac{\sqrt{b-Z}}{Z}dZ = 2\sqrt{b-Z}+\sqrt{b}\,\text{Ln}.\left(\frac{\sqrt{b-Z}-\sqrt{b}}{\sqrt{b-Z}+\sqrt{b}}\right);$$

daher hat man für den ersten Fall, wo $m=\frac{F_1}{F}<1$ und $\sqrt{1-m^2}=n$ zu setzen ist,

$$t = -\frac{2G}{n^3F^2\sqrt{2g}}\left(\begin{array}{c}\sqrt{U-F_1^2a}-F_1\sqrt{a}\,.\,\text{arc}\,.\left(\text{tang}=\sqrt{\frac{U-F_1^2a}{F_1^2a}}\right)\\ -m\left(\sqrt{U_1-F^2a}-F\sqrt{a}\,.\,\text{arc}\,.\left(\text{tang}=\sqrt{\frac{U_1-F^2a}{F^2a}}\right)\right)\end{array}\right)+\text{Const.}$$

$$= -\frac{2G}{n^3F\sqrt{2g}}\left(\begin{array}{c}n\sqrt{x}-m\sqrt{a}\,.\,\text{arc}\left(\text{tang}=\frac{n}{m}\sqrt{\frac{x}{a}}\right)\\ -m\left(n\sqrt{y}-\sqrt{a}\,.\,\text{arc}\left(\text{tang}=n\sqrt{\frac{y}{a}}\right)\right)\end{array}\right)+\text{Const.}$$

Da die veränderlichen Druckhöhen x und y mit h und h_1 anfangen, so ist auch

$$0 = -\frac{2G}{n^3F\sqrt{2g}}\left(\begin{array}{c}n\sqrt{h}-m\sqrt{a}\,.\,\text{arc}\,.\left(\text{tang}=\frac{n}{m}\sqrt{\frac{h}{a}}\right)\\ -m\left(n\sqrt{h_1}-\sqrt{a}\,.\,\text{arc}\,.\left(\text{tang}=n\sqrt{\frac{h_1}{a}}\right)\right)\end{array}\right)+\text{Const.,}$$

daher folgt schließlich die gesuchte Ausflußzeit:

$$t = \frac{2G}{n^3 F\sqrt{2g}}\left(\begin{array}{l} n\left(\sqrt{h}-\sqrt{x}-m(\sqrt{h_1}-\sqrt{y})\right) \\ -m\sqrt{a}\left[\operatorname{arc}\left(\operatorname{tang}=\frac{n}{m}\sqrt{\frac{h}{a}}\right)-\operatorname{arc}\left(\operatorname{tang}=\frac{n}{m}\sqrt{\frac{x}{a}}\right)\right. \\ \qquad \left.-\left(\operatorname{arc}\left(\operatorname{tang}=n\sqrt{\frac{h_1}{a}}\right)-\operatorname{arc}\left(\operatorname{tang}=n\sqrt{\frac{y}{a}}\right)\right)\right]\end{array}\right), \text{ d. i.}$$

$$\text{I.}\quad t = \frac{2G}{n^2 F\sqrt{2g}}\left(\begin{array}{l}\sqrt{h}-\sqrt{x}-m(\sqrt{h_1}-\sqrt{y}) \\ -\frac{m}{n}\sqrt{a}\left(\operatorname{arc}\left(\operatorname{tang}=\frac{mn\sqrt{a}(\sqrt{h}-\sqrt{x})}{m^2a+n^2\sqrt{hx}}\right)-\operatorname{arc}\left(\operatorname{tang}=\frac{n\sqrt{a}(\sqrt{h_1}-\sqrt{y})}{a+n^2\sqrt{h_1y}}\right)\right)\end{array}\right).$$

Im zweiten Falle, wo $\frac{F_1}{F}=m$ ein unechter Bruch und $\sqrt{m^2-1}=p$ zu setzen ist, hat man der angegebenen zweiten Integralformel zu Folge:

$$t = \frac{G}{p^3F^2\sqrt{2g}}\left(\begin{array}{l}2\sqrt{F_1^2a-U}+F_1\sqrt{a}.\operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{F_1^2a-U}-F_1\sqrt{a}}{\sqrt{F_1^2a-U}+F_1\sqrt{a}}\right) \\ -m\left(2\sqrt{F^2a-U_1}+F\sqrt{a}.\operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{F^2a-U_1}-F\sqrt{a}}{\sqrt{F^2a-U_1}+F\sqrt{a}}\right)\right)\end{array}\right)+\text{Const.}$$

$$= \frac{G}{p^3F^2\sqrt{2g}}\left(\begin{array}{l}2pF\sqrt{x}+F_1\sqrt{a}\operatorname{Ln}\left(\frac{p\sqrt{x}-m\sqrt{a}}{p\sqrt{x}+m\sqrt{a}}\right) \\ -m\left(2pF\sqrt{y}+F\sqrt{a}\operatorname{Ln}\left(\frac{p\sqrt{y}-\sqrt{a}}{p\sqrt{y}+\sqrt{a}}\right)\right)\end{array}\right)+\text{Const.}$$

Anfangs ist $x=h$ und $y=h_1$, daher folgt auch

$$0 = \frac{G}{p^3F^2\sqrt{2g}}\left(\begin{array}{l}2pF\sqrt{h}+F_1\sqrt{a}\operatorname{Ln}\left(\frac{p\sqrt{h}-m\sqrt{a}}{p\sqrt{h}+m\sqrt{a}}\right) \\ -m\left(2pF\sqrt{h_1}+F\sqrt{a}\operatorname{Ln}\left(\frac{p\sqrt{h_1}-\sqrt{a}}{p\sqrt{h_1}-\sqrt{a}}\right)\right)\end{array}\right)+\text{Const.};$$

und es ergiebt sich für die Ausflußzeit, innerhalb welcher h in x und h_1 in $y=x+h_1-h=x-a$ übergeht,

$$\text{II.}\quad t = \frac{G}{p^2F\sqrt{2g}}\left(\begin{array}{l}2\left(m(\sqrt{h_1}-\sqrt{y})-(\sqrt{h}-\sqrt{x})\right) \\ -\frac{m\sqrt{a}}{p}\operatorname{Ln}.\left(\frac{p\sqrt{h}-m\sqrt{a}}{p\sqrt{h}+m\sqrt{a}}\cdot\frac{p\sqrt{x}+m\sqrt{a}}{p\sqrt{x}-m\sqrt{a}}\cdot\frac{p\sqrt{h_1}+\sqrt{a}}{p\sqrt{h_1}-\sqrt{a}}\cdot\frac{p\sqrt{y}-\sqrt{a}}{p\sqrt{y}+\sqrt{a}}\right)\end{array}\right).$$

§. 3. Hat das Gefäß nur die untere Mündung F, ist also $F_1=0$, so hat man $m=0$ und $n=\sqrt{1-m^2}=1$, und es giebt die erste Formel den bekannten Ausdruck

$$t = \frac{2G(\sqrt{h}-\sqrt{x})}{F\sqrt{2g}}.$$

Fällt dagegen die untere Mündung weg, ist also $F=0$, so hat man $m=\infty$ und $p=\sqrt{m^2-1}=m=\infty$, und es giebt die zweite Formel

$$t = \frac{G}{p^2F\sqrt{2g}}.2m(\sqrt{h_1}-\sqrt{y})$$

$$= \frac{G}{p^2F_1\sqrt{2g}}.2m^2(\sqrt{h_1}-\sqrt{y}) = \frac{2G(\sqrt{h_1}-\sqrt{y})}{F_1\sqrt{2g}}.$$

Wenn eine Mündung so groß wie die andere, also $m=\frac{F_1}{F}=1$, und $n=p=0$ ist, so hat man nach Formel I, da dann

$$\operatorname{arc}\left(\operatorname{tang}=\frac{n}{m}\sqrt{\frac{h}{a}}\right)=n\sqrt{\frac{h}{a}}-\frac{1}{3}\left(n\sqrt{\frac{h}{a}}\right)^3+\ldots$$

$$\operatorname{arc}\left(\operatorname{tang}=\frac{n}{m}\sqrt{\frac{x}{a}}\right)=n\sqrt{\frac{x}{a}}-\frac{1}{3}\left(n\sqrt{\frac{x}{a}}\right)^3+\ldots \text{ u. s. w.}$$

ausfällt,

$$t = \frac{2G}{n^2 F \sqrt{2g}} \left(\sqrt{h} - \sqrt{x} - \sqrt{h_1} + \sqrt{y} - \sqrt{h} + \frac{n^2}{3} \frac{h^{3/2}}{a} + \sqrt{x} - \frac{n^2}{3} \frac{x^{3/2}}{a} + \sqrt{h_1} - \frac{n^2}{3} \frac{h_1^{3/2}}{a} - \sqrt{y} + \frac{n^2}{3} \frac{y^{3/2}}{a} \right)$$

$$= \frac{2G}{F\sqrt{2g}} \left(\frac{h^{3/2} - x^{3/2} - h_1^{3/2} + y^{3/2}}{3a} \right) = \frac{2G}{3Fa\sqrt{2g}} \left(h^{3/2} - x^{3/2} - (h_1^{3/2} - y^{3/2}) \right).$$

Ebenso giebt auch Formel II, da

$$Ln\left(\frac{1 - p\sqrt{\frac{h}{a}}}{1 + p\sqrt{\frac{h}{a}}}\right) = -2\left(p\sqrt{\frac{h}{a}} + \frac{1}{3}p^3\left(\sqrt{\frac{h}{a}}\right)^3 + \ldots\right),$$

$$Ln\left(\frac{1 + p\sqrt{\frac{x}{a}}}{1 - p\sqrt{\frac{x}{a}}}\right) = 2\left(p\sqrt{\frac{x}{a}} + \frac{1}{3}p^3\left(\sqrt{\frac{x}{a}}\right)^3 + \ldots\right) \text{ u. s. w. ist,}$$

$$t = \frac{G}{p^2 F \sqrt{2g}} \left(2(\sqrt{h_1} - \sqrt{y} - \sqrt{h} + \sqrt{x}) - \frac{\sqrt{a}}{p}\left(-2p\sqrt{\frac{h}{a}} + 2p\sqrt{\frac{x}{a}} + 2p\sqrt{\frac{h_1}{a}} - 2p\sqrt{\frac{y}{a}} - \frac{2}{3}p^3\left(\frac{h}{a}\right)^{3/2} + \frac{2}{3}p^3\left(\frac{x}{a}\right)^{3/2} + \frac{2}{3}p^3\left(\frac{h_1}{a}\right)^{3/2} - \frac{2}{3}p^3\left(\frac{y}{a}\right)^{3/2} + \ldots \right)\right)$$

$$= \frac{2G}{3Fa\sqrt{2g}} \left(h^{3/2} - x^{3/2} - (h_1^{3/2} - y^{3/2}) \right).$$

Den vorstehenden ersten Theil dieser Aufgabe hat schon Lehmus in seiner Sammlung von aufgelösten Aufgaben aus dem Gebiet der angewandten Mathematik, Berlin 1828, gelöst, der folgende zweite Theil dürfte dagegen neu sein.

§. 4. Aus der Senkung $s = h - x = h_1 - y$ des Wasserspiegels ergiebt sich zwar die ganze Ausflußmenge

$$W = V + V_1 = Gs = G(h - x) = G(h_1 - y),$$

aber es bleibt noch unbestimmt, welche Wassermenge V oder V_1 durch die eine oder andere der Mündungen F und F_1 ausströmt. Die Formel zur Berechnung dieser Wassermengen wird in Folgendem entwickelt. Jedenfalls fließt während des Zeitelementes dt durch F die Wassermenge

$$dV = F\sqrt{2gx}\,.\,dt = -FG\,.\frac{\sqrt{x}\,.\,dx}{F\sqrt{x} + F_1\sqrt{y}}$$

$$= -\frac{FG\,dx}{F + F_1\sqrt{1 - \frac{a}{x}}} = -\frac{G\,dx}{1 + m\sqrt{1 - \frac{a}{x}}}.$$

Um diese Differenzialformel zu integriren, führen wir die Variable $u = \sqrt{1 - \frac{a}{x}}$, oder $u^2 = 1 - \frac{a}{x}$ ein, wonach $x = \frac{a}{1 - u^2} = (1 - u^2)^{-1}a$ und

$$dx = -\frac{2a\,u\,du}{(1 - u^2)}$$

ausfällt, so daß sich

$$dV = -\frac{2Ga\,u\,du}{(1 + mu)(1 - u^2)^2}$$ setzen läßt.

Nun kann man aber

$$\frac{u}{(1 + mu)(1 - u^2)^2} = \frac{A}{1 + mu} + \frac{B}{(1 + u)^2} + \frac{C}{1 + u} + \frac{D}{(1 - u)^2} + \frac{E}{1 - u}$$

schreiben, daher folgt auch

$$dV = -2Ga\left(\frac{A}{1 + mu} + \frac{B}{(1 + u)^2} + \frac{C}{1 + u} + \frac{D}{(1 - u)^2} + \frac{E}{1 - u}\right)du,$$

und durch Integration, das gesuchte Ausflußquantum selbst:

$$V = 2Ga\left(\frac{A}{m}Ln(1 + mu) + C\,Ln(1 + u) - E\,Ln(1 - u) - \frac{B}{1 + u} + \frac{D}{1 - u}\right) + \text{Const.}$$

Führt man hier wieder $u = \sqrt{\frac{x - a}{x}}$ ein, so erhält man

$$V = 2Ga\left(\frac{A}{m}\,Ln\left(\frac{\sqrt{x}+m\sqrt{x-a}}{\sqrt{x}}\right) + C\,Ln\left(\frac{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}{\sqrt{x}}\right) - E\,Ln\left(\frac{\sqrt{x}-\sqrt{x-a}}{\sqrt{x}}\right)\right.$$
$$\left. - B\left(\frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\right) + D\left(\frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}-\sqrt{x-a}}\right)\right) + \text{Const.}$$

und, da anfangs, wo $V = 0$, $x = h$ ist,

$$0 = -2Ga\left(\frac{A}{m}\,Ln\left(\frac{\sqrt{h}+m\sqrt{h-a}}{\sqrt{h}}\right) + C\,Ln\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{h}}\right) - E\,Ln\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{h-a}}{\sqrt{h}}\right)\right.$$
$$\left. - B\left(\frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}\right) + D\left(\frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h}-\sqrt{h-a}}\right)\right) + \text{Const. ausfällt,}$$

$$V = 2Ga\left(\frac{A}{m}\,Ln\left(\frac{\sqrt{h}+m\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+m\sqrt{x-a}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) + C\,Ln\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right)\right.$$
$$- E\,Ln\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}-\sqrt{x-a}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) - B\left(\frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}} - \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\right)$$
$$\left. + D\left(\frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h}-\sqrt{h-a}} - \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}-\sqrt{x-a}}\right)\right).$$

Die Coefficienten A, B, C, D und E sind mittels der Gleichung

$$u = A(1-u)^2(1+u)^2 + B(1+mu)(1-u)^2 + C(1+mu)(1-u)^2(1+u)$$
$$+ D(1+mu)(1+u)^2 + E(1+mu)(1+u)^2(1-u),$$

durch bekannte Regeln zu finden.

Setzt man in dieser Gleichung $u = -\frac{1}{m}$, so erhält man

$$A = -\frac{\frac{1}{m}}{\left(1+\frac{1}{m}\right)^2\left(1-\frac{1}{m}\right)^2} = -\frac{m^3}{(m+1)^2(m-1)^2} = -\frac{m^3}{(1+m)^2(1-m)^2};$$

führt man dagegen darin $u = -1$ ein, so ergiebt sich

$$B = -\frac{1}{4(1-m)}, \text{ und ebenso erhält man für } u = +1,\ D = \frac{1}{4(1+m)}.$$

Noch giebt vom Ausdrucke

$$\frac{u}{(1+mu)(1-u)^2} = \frac{A(1+u)^2}{1+mu} + B + C(1+u) + \frac{D(1+u)^2}{(1-u)^2} + \frac{E(1+u)^2}{1-u}$$

das erste Differentialverhältniß

$$\frac{(1+mu)(1-u)^2 - u\left(m(1-u)^2 - 2(1+mu)(1-u)\right)}{(1+mu)^2(1-u)^4} \text{ für } u = -1,$$

$$C = \frac{4(1-m) + 4m - 4(1-m)}{16(1-m)^2} = \frac{m}{4(1-m)^2}$$

und ebenso vom Ausdrucke

$$\frac{u}{(1+mu)(1+u)^2} = \frac{A(1-u)^2}{1+mu} + \frac{B(1-u)^2}{(1+u)^2} + \frac{C(1-u)^2}{1+u} + D + E(1-u)$$

das erste Differentialverhältniß

$$\frac{(1+mu)(1+u)^2 - u\left(m(1+u)^2 + 2(1+mu)(1+u)\right)}{(1+mu)^2(1+u)^4} \text{ für } u = 1,$$

$$E = -\frac{4(1+m) - 4m - 4(1+m)}{16(1+m)^2} = \frac{m}{4(1+m)^2};$$

daher folgt die Ausflußmenge durch die Mündung F:

$$V = 2Ga \left\{ \begin{array}{l} -\frac{m^2}{(1+m)^2(1-m)^2} \operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}+m\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+m\sqrt{x-a}} \cdot \sqrt{\frac{x}{h}}\right) + \frac{m}{4(1-m)^2} \operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) \\ -\frac{m}{4(1+m)^2} \operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}-\sqrt{x-a}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) + \frac{1}{4(1-m)}\left(\frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}} - \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\right) \\ + \frac{1}{4(1+m)}\left(\frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h}-\sqrt{h-a}} - \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}-\sqrt{x-a}}\right). \end{array} \right\}$$

Noch ist $\frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}} - \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}} = \frac{h-\sqrt{h(h-a)}-x+\sqrt{x(x-a)}}{a}$ und

$\frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h}-\sqrt{h-a}} - \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}-\sqrt{x-a}} = \frac{h+\sqrt{h(h-a)}-x-\sqrt{x(x-a)}}{a}$, daher einfacher

$$\frac{1}{4(1-m)}\left(\frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}} - \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\right) + \frac{1}{4(1+m)}\left(\frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h}-\sqrt{h-a}} - \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}-\sqrt{x-a}}\right)$$
$$= \frac{h-x-m\left(\sqrt{h(h-a)}-\sqrt{x(x-a)}\right)}{2(1+m)(1-m)a},$$

und es nimmt nun der Ausdruck für die Ausflußmenge durch die untere Mündung F folgende Gestalt an:

$$\text{III.} \quad V = G \left\{ \begin{array}{l} \frac{h-x-m\left(\sqrt{h(h-a)}-\sqrt{x(x-a)}\right)}{(1+m)(1-m)} - \frac{2m^2a}{(1+m)^2(1-m)^2} \operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}+m\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+m\sqrt{x-a}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) \\ + \frac{ma}{2(1-m)^2} \operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}} \cdot \sqrt{\frac{x}{h}}\right) - \frac{ma}{2(1+m)^2} \operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}-\sqrt{x-a}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) \end{array} \right\}$$

$$= G \left\{ \begin{array}{l} \frac{h-x-m(\sqrt{hh_1}-\sqrt{xy})}{1-m^2} - \frac{2m^2a}{(1-m^2)^2} \operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}+m\sqrt{h_1}}{\sqrt{x}+m\sqrt{y}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) \\ + \frac{ma}{2(1-m)^2} \operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h_1}}{\sqrt{x}+\sqrt{y}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) - \frac{ma}{2(1+m)^2} \operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{h_1}}{\sqrt{x}-\sqrt{y}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) \end{array} \right\}.$$

§. 5. Ist die obere Mündung F_1 verschlossen, fließt also nur durch die untere Mündung F Wasser aus, so hat man $\frac{F_1}{F} = m = 0$, und daher $V = G(h-x)$; wenn dagegen nur die obere Mündung Wasser giebt, also $F = 0$ ist, so fällt $\frac{F_1}{F} = m = \infty$, und daher $V = 0$ aus, wie auch die Formel III angiebt. Sind endlich noch beide Ausflußmündungen einander gleich, so hat man $\frac{F_1}{F} = m = 1$, und es ist nun die Formel III zur Bestimmung der durch die untere Mündung F strömenden Ausflußmenge V wie folgt zu verwandeln.

Nehmen wir zunächst an, daß m wenig größer als Eins, also daß $m-1$ eine sehr kleine Zahl sei. Dann läßt sich setzen:

$$\operatorname{Ln}(\sqrt{h}+m\sqrt{h-a}) = \operatorname{Ln}(\sqrt{h}+\sqrt{h-a}-(1-m)\sqrt{h-a})$$
$$= \operatorname{Ln}(\sqrt{h}+\sqrt{h-a}) + \operatorname{Ln}\left(1-\frac{(1-m)\sqrt{h-a}}{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}\right)$$
$$= \operatorname{Ln}(\sqrt{h}+\sqrt{h-a}) - \frac{(1-m)\sqrt{h-a}}{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}} - \frac{(1-m)^2(h-a)}{2(\sqrt{h}+\sqrt{h-a})^2}, \text{ so wie auch}$$

$\operatorname{Ln}(\sqrt{x}+m\sqrt{x-a}) = \operatorname{Ln}(x+\sqrt{x-a}) - \frac{(1-m)\sqrt{x-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}} - \frac{(1-m)^2(x-a)}{2(\sqrt{x}+\sqrt{x-a})^2}$; daher folgt das Glied

$$-\frac{2m^2a}{(1+m)^2(1-m)^2} \operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}+m\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+m\sqrt{x-a}} \cdot \sqrt{\frac{x}{h}}\right) = \frac{2m^2a}{(1+m)^2(1-m)^2} \operatorname{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}} \cdot \sqrt{\frac{x}{h}}\right)$$
$$+ \frac{2m^2a}{(1+m)^2(1-m)^2}\left((1-m)\left(\frac{\sqrt{h-a}}{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}} - \frac{\sqrt{x-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\right) + \frac{(1-m)^2}{2}\left(\frac{h-a}{(\sqrt{h}+\sqrt{h-a})^2} - \frac{x-a}{(\sqrt{x}+\sqrt{x-a})^2}\right)\right). \; (\Theta)$$

Vereinigt man den ersten Theil dieses Ausdruckes (Θ) mit dem folgenden Gliede

$$\frac{ma}{2(1-m)^2} Ln\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right),$$ so erhält man

$$\frac{ma}{2(1-m)^2}\left(1-\frac{4m}{(1+m)^2}\right) Ln\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) = \frac{ma}{2(1+m)^2} Ln\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right),$$

und addirt man hierzu auch noch das letzte Glied $-\frac{ma}{2(1+m)^2} Ln\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}-\sqrt{x-a}}\cdot\sqrt{\frac{x}{h}}\right)$,

so resultirt daraus der logarithmische Theil der Hauptformel in folgender Gestalt

$$\frac{ma}{2(1+m)^2} Ln\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{h}-\sqrt{h-a}}\cdot\frac{\sqrt{x}-\sqrt{x-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\right) = \frac{ma}{(1+m)^2} Ln\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\right),$$

welcher für $m = 1$ in $\frac{a}{4} Ln\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\right)$ übergeht.

Der zweite Theil des Ausdruckes (Θ) ist auch

$$\frac{2m^2}{(1+m)^2(1-m)}\left(\sqrt{h(h-a)}-\sqrt{x(x-a)}-h+x\right)+\frac{m^2 a}{(1+m)^2}\left(\frac{(h-a)(\sqrt{h}-\sqrt{h-a})^2-(x-a)(\sqrt{x}-\sqrt{x-a})^2}{a^2}\right),$$

und giebt in Vereinigung mit dem ersten Gliede der Hauptgleichung III, wenn man schlüßlich noch $m = 1$ und $1 + m = 2$ einführt, folgenden algebraischen Theil der gesuchten Formel:

$$\frac{1}{2a}\left(h^2-x^2-\left(h-\frac{a}{2}\right)\sqrt{h(h-a)}+\left(x-\frac{a}{2}\right)\sqrt{x(x-a)}\right),$$

und es folgt hiernach das gesuchte Wasserquantum

$$V = \frac{G}{2a}\left(h^2-x^2-\left(h-\frac{a}{2}\right)\sqrt{h(h-a)}+\left(x-\frac{a}{2}\right)\sqrt{x(x-a)}+\frac{a^2}{2} Ln\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h-a}}{\sqrt{x}+\sqrt{x-a}}\right)\right).$$

Denselben Ausdruck giebt auch die directe Entwickelung.

Sind beide Mündungen in einem und demselben Niveau, so ist $a = 0$, und

$$V = \frac{G}{2a}\left(h^2-x^2-h^2\left(1-\frac{a}{h}\right)+x^2\left(1-\frac{a}{x}\right)\right) = \frac{G}{2a}(ah-ax) = \frac{G(h-x)}{2}.$$

§. 6. Bei Anwendung der im Vorstehenden entwickelten Formeln auf die Praxis ist statt F, μF, sowie statt F_1, $\mu_1 F_1$, also $m = \frac{\mu_1 F_1}{\mu F}$ einzusetzen, wobei μ und μ_1 die Ausflußcoefficienten der Mündungen F und F_1 bezeichnen.

Die Versuche über die im Vorstehenden behandelten Ausflußverhältnisse des Wassers sind vom Verfasser mittels des in Fig. 2 auf Taf. 8 abgebildeten Hauptapparates seiner Experimentalhydraulik angestellt worden (s. Bd. X, Taf. 1 des Civilingenieurs). Da zur Berechnung dieser Versuche nöthig ist, daß die Ausflußcoefficienten μ und μ_1 der Mündungen F und F_1 bekannt sind, so wurden zunächst diese Coefficienten mittels des Ausflusses durch eine der drei Mündungen A, B und C ermittelt. Aus der beobachteten Zeit t, innerhalb welcher die Druckhöhe h in x übergeht, also der Wasserspiegel WW, dessen Flächeninhalt G ist, um $s = h - x$ sinkt, folgt

$$\mu F = \frac{2G(\sqrt{h}-\sqrt{x})}{t\sqrt{2g}}.$$

Mittels dieser Formel sind die Ausflußcoefficienten der bei den Hauptversuchen zur Anwendung gekommenen Mündungen aus den beobachteten Ausflußzeiten berechnet worden. Bei den Hauptversuchen, wo stets nur eine der Mündungen A, B und C verschlossen war, und folglich das Wasser durch zwei Mündungen zugleich ausfloß, wurde zunächst die Zeit t beobachtet, innerhalb welcher der Wasserspiegel WW um $s = h - x$ sank, außerdem fing man auch noch das Ausflußwasser der einen Mündung in einem besonderen Aichgefäße auf, worin das Quantum V oder V_1 desselben angegeben wurde, während das ganze Ausflußquantum $W = V + V_1$ durch das Product $Gs = G(h - x)$ anangegeben wird.

§. 7. **Erster Versuch.** 1) In der obern Mündung A saß das Mundstück F_1, Fig. 3, mit einer Kreismündung in der dünnen Wand vom Durchmesser $d_1 = 1{,}01$ Centimeter, und es fiel die Ausflußzeit $t = 201{,}33$ Sec. aus. 2) Im mittleren Loch B saß das Mundstück F mit einer Kreismündung in der dünnen Wand vom Durchmesser

$d = 0{,}741$ Centimeter, und es fiel die Ausflußzeit $t = 190{,}5$ Sec. aus. 3) Das Wasser floß durch beide Mündungen zugleich aus, und es ergab sich die Ausflußzeit $t = 98{,}5$ Sec.

Die Inhalte der Mündungen sind

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = 0{,}4312 \text{ und } F_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = 0{,}8012,$$

und der Inhalt des sinkenden Wasserspiegels beträgt

$G = 1251{,}6$ Quadratcentimeter. Auch ist

$$\sqrt{2g} = \sqrt{19{,}62} = 4{,}4294 \text{ Meter, daher } \frac{2G}{\sqrt{2g}} = 565{,}15.$$

Ferner waren die Druckhöhen beim ersten Versuch:

$h_1 = 0{,}1700$ Meter und $y = 0{,}0500$ Meter,

und beim zweiten:

$h = 0{,}4694$ Meter und $x = 0{,}3494$ Meter.

Hiernach hat man

$$\mu_1 F_1 = \frac{2G(\sqrt{h_1} - \sqrt{y})}{t\sqrt{2g}} = \frac{565{,}15 \,.\, (\sqrt{0{,}1700} - \sqrt{0{,}0500})}{201{,}33} = \frac{565{,}15 \,.\, 0{,}1887}{201{,}33} = 0{,}5297 \text{ Quadratcentimeter,}$$

wonach $\mu_1 = 0{,}6611$ folgt; dagegen

$$\mu F = \frac{2G(\sqrt{h} - \sqrt{x})}{t\sqrt{2g}} = \frac{565{,}15 \,.\, (\sqrt{0{,}4694} - \sqrt{0{,}3494})}{190{,}5} = \frac{565{,}15 \,.\, 0{,}09403}{190{,}5} = 0{,}27895 \text{ Quadratcentimeter,}$$

woraus sich $\mu = 0{,}6469$ ergiebt.

Für den dritten und Hauptversuch über den gleichzeitigen Ausfluß durch beide Mündungen giebt die Annäherungsformel, die der Senkung $s = 0{,}1200$ Meter des Wasserspiegels entsprechende Ausflußzeit

$$t = \frac{Gs}{\sqrt{2g}\,(\mu F \sqrt{h - \tfrac{1}{2}s} + \mu_1 F_1 \sqrt{h_1 - \tfrac{1}{2}s})} = \frac{\tfrac{1}{2} \,.\, 565{,}15 \,.\, 0{,}1200}{0{,}27895 \sqrt{0{,}4094} + 0{,}5297 \,.\, \sqrt{0{,}1100}} = \frac{33{,}909}{0{,}35415} = 95{,}75 \text{ Sec.,}$$

also viel zu klein, da dem Versuche zu Folge, $t = 98{,}5$ Sec. sein soll.

Für die genaue Berechnung dieses Versuches ist

$$m = \frac{\mu_1 F_1}{\mu F} = \frac{0{,}5297}{0{,}27895} = 1{,}8989.$$

Da dieses Verhältniß größer als Eins ist, so hat man zur Berechnung von t die Formel II. in Anwendung zu bringen und in derselben

$p = \sqrt{m^2 - 1} = \sqrt{2{,}6056} = 1{,}6142$ zu setzen.

Uebrigens bleibt für diese Formel

$$\sqrt{h} = \sqrt{0{,}4694} = 0{,}68513,$$
$$\sqrt{h_1} = \sqrt{0{,}1700} = 0{,}41231,$$
$$\sqrt{x} = \sqrt{0{,}3494} = 0{,}59110, \text{ und}$$
$$\sqrt{y} = \sqrt{0{,}0500} = 0{,}22361, \text{ sowie}$$
$$\sqrt{a} = \sqrt{h - h_1} = \sqrt{0{,}2994} = 0{,}54717.$$

Da noch $\mu F = 0{,}27895$ ist, so hat man den Factor

$$\frac{G}{\mu F p^2 \sqrt{2g}} = \frac{\tfrac{1}{2} \,.\, 565{,}15}{0{,}27895 \,.\, 2{,}6056} = 388{,}77.$$

Ferner ist in der Hauptformel

$$t = \frac{G}{p^2 F \sqrt{2g}} \left(\begin{array}{l} 2\left(m(\sqrt{h_1} - \sqrt{y}) - (\sqrt{h} - \sqrt{x})\right) \\ - \frac{m\sqrt{a}}{p} \operatorname{Ln}\left(\frac{p\sqrt{h} - m\sqrt{a}}{p\sqrt{h} + m\sqrt{a}} \cdot \frac{p\sqrt{x} + m\sqrt{a}}{p\sqrt{x} - m\sqrt{a}} \cdot \frac{p\sqrt{h_1} + \sqrt{a}}{p\sqrt{h_1} - \sqrt{a}} \cdot \frac{p\sqrt{y} - \sqrt{a}}{p\sqrt{y} + \sqrt{a}} \right) \end{array} \right),$$

$$2\left(m(\sqrt{h_1} - \sqrt{y}) - (\sqrt{h} - \sqrt{x})\right) = 2\left(1{,}8989\,(0{,}41231 - 0{,}22361) - (0{,}68513 - 0{,}59110)\right)$$
$$= 2 \,.\, (1{,}8989 \,.\, 0{,}1887 - 0{,}09403) = 0{,}5286,$$

$$\frac{m\sqrt{a}}{p} = \frac{1{,}8989 \,.\, 0{,}54717}{1{,}6142} = 0{,}64367,$$

$$p\sqrt{h} - m\sqrt{a} = 1{,}6142 \,.\, 0{,}68513 - 1{,}8989 \,.\, 0{,}54717 = 1{,}10595 - 1{,}03902 = 0{,}06693,$$
$$p\sqrt{h} + m\sqrt{a} = 1{,}10595 + 1{,}03902 = 2{,}15497,$$
$$p\sqrt{x} + m\sqrt{a} = 1{,}6142 \,.\, 0{,}59110 + 1{,}03902 = 0{,}95415 + 1{,}03902 = 1{,}69317,$$
$$p\sqrt{x} - m\sqrt{a} = 0{,}95415 - 1{,}03902 = -0{,}08487,$$
$$p\sqrt{h_1} + \sqrt{a} = 1{,}6142 \,.\, 0{,}41232 + 0{,}54717 = 0{,}66555 + 0{,}54717 = 1{,}21272,$$
$$p\sqrt{h_1} - \sqrt{a} = 0{,}66555 - 0{,}54717 = 0{,}11838,$$
$$p\sqrt{y} - \sqrt{a} = 1{,}6142 \,.\, 0{,}22361 - 0{,}54717 = 0{,}36095 - 0{,}54717 = -0{,}18622,$$
$$p\sqrt{y} + \sqrt{a} = 0{,}36095 + 0{,}54417 = 0{,}90812.$$

Hieraus ergiebt sich

$$\mathrm{Log}\,K = \mathrm{Log}\left(\frac{p\sqrt{h}-m\sqrt{a}}{p\sqrt{h}+m\sqrt{a}}\cdot\frac{p\sqrt{x}+m\sqrt{a}}{p\sqrt{x}-m\sqrt{a}}\cdot\frac{p\sqrt{h_1}+\sqrt{a}}{p\sqrt{h_1}-\sqrt{a}}\cdot\frac{p\sqrt{y}-\sqrt{a}}{p\sqrt{y}+\sqrt{a}}\right)$$

$$= \left\{\begin{matrix} 0{,}82562-2 \\ +0{,}29954 \\ +0{,}08376 \\ +0{,}27003-1 \end{matrix}\right\} - \left\{\begin{matrix} 0{,}33344 \\ +0{,}92875-2 \\ +0{,}07328-1 \\ +0{,}95814-1 \end{matrix}\right\}$$

$= 0{,}47895 - 2 - 0{,}29361 + 2 = 0{,}18534$, ferner

$\mathrm{Ln}\,K = 2{,}3026\,\mathrm{Log}\,K = 2{,}3026 \,.\, 0{,}18534 = 0{,}42677$, und

$\frac{m\sqrt{a}}{p}\,\mathrm{Ln}\,K = 0{,}2747$, so daß endlich die gesuchte Ausflußzeit

$t = 388{,}77 \,.\, (0{,}5286 - 0{,}2747) = 388{,}77 \,.\, 0{,}2539 = 98{,}71$ folgt; während der Versuch

$t = 98{,}50$ gegeben hat.

Die ganze Ausflußmenge war $W = Gs = 0{,}12516 \,.\, 0{,}12 = 0{,}015019$ Cubikmeter, und die durch die untere Mündung F ausgeflossene und in einem Aichgefäße vom Querschnitte $Gs = 702{,}25$ Quadratcentimeter aufgefangene Wassermenge betrug $V = G_1 s_1 = 0{,}070225 \,.\, 0{,}1096 = 0{,}007697$ Cubikmeter; folglich bleibt für das Wasserquantum, welches durch die obere Mündung F_1 ausgeflossen ist: $V_1 = W - V = 0{,}007322$ Cubikmeter.

Nach der Formel III.:

$$V = G\left\{\begin{matrix}\frac{h-x-m(\sqrt{hh_1}-\sqrt{xy})}{1-m^2} - \frac{2m^2a}{(1+m)^2(1-m)^2}\,\mathrm{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}+m\sqrt{h_1}}{\sqrt{x}+m\sqrt{y}}\cdot\sqrt{\frac{x}{h}}\right) \\ +\frac{ma}{2(1-m)^2}\,\mathrm{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h_1}}{\sqrt{x}+\sqrt{y}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) - \frac{ma}{2(1+m)^2}\,\mathrm{Ln}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{h_1}}{\sqrt{x}-\sqrt{y}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right)\end{matrix}\right\}$$

berechnet sich die Wassermenge V wie folgt. Es ist

$m = 1{,}8989$; $1+m = 2{,}8989$; $1-m = -0{,}8989$, woraus

$m^2 = 3{,}6056$; $1-m^2 = (1+m)(1-m) = -2{,}6054$,

$(1+m)^2 = 8{,}4036$, und $(1-m)^2 = 0{,}80802$ folgt. Ferner hat man

$h - x = s = 0{,}1200$,

$\sqrt{hh_1} = \sqrt{0{,}4694 \,.\, 0{,}1700} = 0{,}28249$,

$\sqrt{xy} = \sqrt{0{,}3494 \,.\, 0{,}0500} = 0{,}13218$, daher folgt das erste Glied der Hauptformel:

$$\frac{h-x-m(\sqrt{hh_1}-\sqrt{xy})}{1-m^2} = \frac{0{,}1200 - 1{,}8989 \,.\, 0{,}15031}{-2{,}6058} = \frac{0{,}28542 - 0{,}1200}{2{,}6058} = 0{,}06348,$$

sowie $\frac{2m^2}{(1+m)^2(1-m)^2} = \frac{2 \,.\, 3{,}6056}{8{,}4036 \,.\, 0{,}80802} = 1{,}0620$,

$\frac{m}{2(1-m)^2} = \frac{1{,}8989}{2 \,.\, 0{,}80802} = 1{,}17503$,

$\frac{m}{2(1+m)^2} = \frac{1{,}8989}{2 \,.\, 8{,}4036} = 0{,}11298$. Auch ist

$\mathrm{Log}\sqrt{\frac{x}{h}} = \mathrm{Log}\,0{,}59110 - \mathrm{Log}\,0{,}68513 = 0{,}77166 - 1 - 0{,}83577 + 1 = 0{,}93589 - 1$.

$\mathrm{Log}\,(\sqrt{h}+m\sqrt{h_1}) = \mathrm{Log}\,(0{,}68513 + 1{,}8989 \,.\, 0{,}41231) = \mathrm{Log}\,(68513 + 0{,}78293) = \mathrm{Log}\,1{,}46806 = 0{,}16674$,

$\mathrm{Log}\,(\sqrt{x}+m\sqrt{y}) = \mathrm{Log}\,(0{,}59110 + 1{,}8989 \,.\, 0{,}22361) = \mathrm{Log}\,1{,}01571 = 0{,}00677)$,

$\mathrm{Log}\,(\sqrt{h}+\sqrt{h_1}) = \mathrm{Log}\,1{,}09744 = 0{,}04038$,

$\mathrm{Log}\,(\sqrt{x}+\sqrt{y}) = \mathrm{Log}\,0{,}81471 = 0{,}91100 - 1$,

$\mathrm{Log}\,(\sqrt{h}-\sqrt{h_1}) = \mathrm{Log}\,0{,}27282 = 0{,}43588 - 1$, und

$\mathrm{Log}\,(\sqrt{x}-\sqrt{y}) = \mathrm{Log}\,0{,}36749 = 0{,}56525 - 1$; wonach

$\mathrm{Log}\left(\frac{\sqrt{h}+m\sqrt{h_1}}{\sqrt{x}+m\sqrt{y}}\cdot\sqrt{\frac{x}{h}}\right) = 0{,}93589 - 1 + 0{,}16674 - 0{,}00677 = 0{,}09586$,

$$\text{Log}\left(\frac{\sqrt{h}+\sqrt{h_1}}{\sqrt{x}+\sqrt{y}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) = 0{,}93589 - 1 + 0{,}12938 = 0{,}06527,$$

$$\text{Log}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{h_1}}{\sqrt{x}-\sqrt{y}}\sqrt{\frac{x}{h}}\right) = 0{,}93589 - 1 + 0{,}87063 - 1 = 0{,}80652 - 1 = -0{,}19348$$

folgt, und sich das gesuchte Ausflußquantum

$$V = \left(0{,}06348 - 2{,}3026\, a\ (1{,}0620 \,.\, 0{,}09586 - 1{,}17503 \,.\, 0{,}06527 - 0{,}11298 \,.\, 0{,}19348)\right) G$$
$$= \left(0{,}06348 - 2{,}3026\, a\ (0{,}10138 - 0{,}07669 - 0{,}02186)\right) G$$
$$= (0{,}06348 - 2{,}3026 \,.\, 0{,}2994 \,.\, 0{,}00283)\, G$$
$$= (0{,}06348 - 0{,}00195)\, G = 0{,}06153 \,.\, 0{,}12516 = 0{,}007701 \text{ Cubikmeter ergiebt,}$$

also nur um $0{,}007701 - 0{,}007697 = 0{,}000004$ Cubikmeter größer als die durch die Versuche gefundene Ausflußmenge.

Die Annäherungsformel giebt dagegen

$$V = \mu F t \sqrt{2g\left(h - \frac{s}{2}\right)} = 0{,}000027895 \,.\, 98{,}5 \,.\, 4{,}4294 \,.\, \sqrt{0{,}4094} = 0{,}007787 \text{ Cubikmeter,}$$

also nicht unbedeutend mehr.

§. 8. Zweiter Versuch. 1) Der Ausfluß durch die Kreismündung in der dünnen Wand vom Durchmesser $d_1 = 0{,}741$ Centimeter und Inhalt $F_1 = 0{,}4312$ Quadratcentimeter erforderte, während die Druckhöhe von $h_1 = 0{,}1700$ auf $y = 0{,}0500$ Meter sank, die Ausflußzeit $t = 372$ Secunden. 2) Die Kreismündung in der dünnen Wand vom Durchmesser $d_1 = 1{,}010$ Centimeter und dem Inhalte $F = 0{,}8012$ Centimeter lieferte dieselbe Ausflußmenge in der Zeit $t = 102{,}33$ Sec., wobei die Druckhöhe $h = 0{,}4694$ Meter auf $x = 0{,}3494$ Meter sank. 3) Der gleichzeitige Ausfluß durch beide Mündungen, wobei F_1 im oberen und F im mittleren Loche des Hauptausflußapparates in Fig. 2 saß, erfolgte in der Zeit $t = 80{,}17$ Secunden.

Es ist in diesem Falle für die kleinere Mündung F_1:

$$\mu_1 F_1 = \frac{565{,}15 \,.\, 0{,}1887}{372} = 0{,}28668 \text{ Qu.-Centimeter, und } \mu_1 = 0{,}6648, \text{ sowie für die große Mündung}$$

$$\mu F = \frac{565{,}15 \,.\, 0{,}09403}{102{,}33} = 0{,}51932 \text{ Qu.-Centimeter, und } \mu = 0{,}64817.$$

Für den Ausfluß durch beide Mündungen zugleich fällt, nach der Annäherungsformel, die Ausflußzeit

$$t = \frac{33{,}909}{0{,}51932 \,.\, \sqrt{0{,}4090} + 0{,}2866\, \sqrt{0{,}1100}} = \frac{33{,}909}{0{,}4272} = 79{,}37 \text{ Sec., also nahe 1 Sec. zu klein aus.}$$

Zur Berechnung der Ausflußzeit mittels der genauen Formel hat man das Verhältniß

$$m = \frac{\mu_1 F_1}{\mu F} = \frac{0{,}28668}{0{,}51932} = 0{,}55203,$$

also kleiner als Eins; weshalb hier die Formel I. zur Anwendung kommt. Für dieselbe ist

$$n = \sqrt{1-m^2} = \sqrt{1-0{,}30473} = \sqrt{0{,}69527} = 0{,}83382, \text{ und daher}$$

$$\frac{2G}{\mu F n^2 \sqrt{2g}} = \frac{565{,}15}{0{,}51932 \,.\, 0{,}69527} = 1565{,}24. \text{ Ferner ist in der Hauptformel}$$

$$t = \frac{2G}{\mu F n^2 \sqrt{2g}} \left(\begin{array}{l} \sqrt{h} - \sqrt{x} - m(\sqrt{h_1} - \sqrt{y}) \\ -\frac{m}{n}\sqrt{a}\left(\text{arc}\left(\text{tg.} = \frac{mn\sqrt{a}(\sqrt{h}-\sqrt{x})}{m^2 a + n^2\sqrt{hx}}\right) - \text{arc}\left(\text{tg.} = \frac{n\sqrt{a}(\sqrt{h_1}-\sqrt{y})}{a + n^2\sqrt{h_1 y}}\right)\right) \end{array} \right)$$

$$\sqrt{h} - \sqrt{x} - m(\sqrt{h_1} - \sqrt{y}) = 0{,}09403 - 0{,}55203 \,.\, 0{,}18870 = 0{,}09403 - 0{,}10417 = -0{,}01014,$$

$$\frac{m}{n}\sqrt{a} = \frac{0{,}55203}{0{,}83382}\sqrt{0{,}2994} = 0{,}36225,$$

$$n\sqrt{a} = 0{,}83382\sqrt{0{,}2994} = 0{,}45624,$$

$$mn\sqrt{a} = 0{,}55203 \,.\, 0{,}45624 = 0{,}25186,$$

$$m^2 a = 0{,}091237,$$

$$n^2\sqrt{hx} = 0{,}69525\sqrt{0{,}4694 \,.\, 0{,}3494} = 0{,}28156,$$

$$n^2\sqrt{h_1 y} = 0{,}69525\sqrt{0{,}1700 \,.\, 0{,}0500} = 0{,}06410. \text{ Nun folgt}$$

$\text{Log}\, m\, n \sqrt{a}\, (\sqrt{h} - \sqrt{x}) = 0{,}40115 - 1 + 0{,}97327 - 2 = 0{,}37442 - 2,$

$\text{Log}\, n \sqrt{a}\, (\sqrt{h_1} - \sqrt{y}) = 0{,}65919 - 1 + 0{,}27577 - 1 = 0{,}93496 - 2,$

$\text{Log}\, (m^2 a + n^2 \sqrt{h x}) = \text{Log}\, 0{,}37280 = 0{,}57148 - 1,$

$\text{Log}\, (a + n^2 \sqrt{h_1 y}) = \text{Log}\, 0{,}36350 = 0{,}56050 - 1,$ woraus sich wieder ergiebt:

$\text{Log}\, \frac{m n \sqrt{a}\, (\sqrt{h} - \sqrt{x})}{m^2 a + n^2 \sqrt{h x}} = 0{,}37442 - 2 - (0{,}57148 - 1) = 0{,}80294 - 2,$ und

$\text{Log}\, \frac{n \sqrt{a}\, (\sqrt{h_1} - \sqrt{y})}{a + n^2 \sqrt{h_1 y}} = 0{,}93496 - 2 - (0{,}56050 - 1) = 0{,}37446 - 1.$ Schließlich ist

$\text{arc}\left(\text{tang} = \frac{m n \sqrt{a}\, (\sqrt{h} - \sqrt{x})}{m^2 a + n^2 \sqrt{h x}}\right) = \text{arc}: 3^0, 38', 5'',$ und

$\text{arc}\left(\text{tang} = \frac{n \sqrt{a}\, (\sqrt{h_1} - \sqrt{y})}{a + n^2 \sqrt{h_1 y}}\right) = \text{arc}: 13^0, 19', 31'',$ so daß nun

$\text{arc}\left(\text{tang} = \frac{m n \sqrt{a}\, (\sqrt{h} - \sqrt{x})}{m^2 a + n^2 \sqrt{h x}}\right) - \text{arc}\left(\text{tang} = \frac{n \sqrt{a}\, (\sqrt{h_1} - \sqrt{y})}{a + n^2 \sqrt{h_1 y}}\right) = -\text{arc}: 9^0, 41', 26''$

$= -0{,}16913$ und die gesuchte Ausflußzeit

$t = 1565{,}24\, (-0{,}01014 + 0{,}36225 \,.\, 0{,}16913)$

$= 1565{,}24\, (-0{,}01014 + 0{,}06127) = 1565{,}24 \,.\, 0{,}05113$

$= 80{,}03$ Sec., während der Versuch $t = 80{,}17$ Sec. gegeben hat.

Die ganze Ausflußmenge ist auch hier $W = 0{,}015019$ Cubikmeter, wogegen die durch die untere Mündung F ausgeflossene und in einem Aichgefäße aufgefangene Wassermenge

$$V = G_1 s_1 = 0{,}070225 \,.\, 0{,}16673 = 0{,}01771 \text{ Cubikmeter beträgt.}$$

Die Formel III giebt, da hier

$m = 0{,}55203,\ m^2 = 0{,}30473,\ 1 - m^2 = 0{,}69527,\ (1-m)^2 = 0{,}20068,\ (1+m)^2 = 2{,}4088,$ hiernach

$\frac{2 m^2}{(1+m)^2 (1-m)^2} = 0{,}2608,\ \frac{m}{2 (1-m)^2} = 1{,}3754,$ und $\frac{m}{2 (1+m)^2} = 0{,}1146$ ausfällt, sowie

$\text{Log}\, (\sqrt{h} + m \sqrt{h_1}) = \text{Log}\, (0{,}68513 + 0{,}55203 \,.\, 0{,}41231)$

$= \text{Log}\, (0{,}68513 + 0{,}22760) = \text{Log}\, 0{,}91273 = 0{,}96034 - 1,$

$\text{Log}\, (\sqrt{x} + m \sqrt{y}) = \text{Log}\, (0{,}59110 + 0{,}55203 \,.\, 0{,}22361)$

$= \text{Log}\, (0{,}59110 + 0{,}12344) = \text{Log}\, 0{,}71454 = 0{,}85403 - 1,$ und

$\text{Log}\left(\frac{\sqrt{h} + m \sqrt{h_1}}{\sqrt{x} + m \sqrt{y}} \sqrt{\frac{x}{h}}\right) = 0{,}96034 - 1 + 0{,}93589 - 1 - 0{,}85403 + 1 = 0{,}04220$ ist,

$V = \left(\frac{0{,}1200 - 0{,}55203 \,.\, 0{,}15031}{0{,}69527} - 2{,}3026\, (1{,}2608 \,.\, 0{,}04220 - 1{,}3754 \,.\, 0{,}06527 - 0{,}1146 \,.\, 0{,}19348)\, a\right) G$

$= \left(0{,}053252 - 2{,}3026\, (0{,}05326 - 0{,}08977 - 0{,}02217)\, a\right) G$

$= (0{,}053252 + 2{,}3026 \,.\, 0{,}05873 \,.\, 0{,}2994)\, G$

$= (0{,}053252 + 0{,}04049)\, G = 0{,}09374 \,.\, 0{,}12516 = 0{,}01173$ Cubikmeter,

also nur $0{,}01173 - 0{,}01171 = 0{,}00002$ Cubikmeter zu groß.

§. 9. Wenn die Senkung s des Wasserspiegels nur ein kleiner Theil von den mittleren Druckhöhen der beiden Ausflußmündungen ist, so geben die §. 1 angegebenen Annäherungsformeln noch eine leidliche Uebereinstimmung mit der Erfahrung. Hiervon liefert auch folgender Versuch einen guten Beleg. In dem mittleren Loche B des Ausflußapparates in Fig. 1 saß die Kreismündung F_1 in der dünnen Wand vom Durchmesser $d_1 = 1{,}01$, und in dem untern Loche C desselben war die Kreismündung F in der dünnen Wand von $d = 0{,}741$ Centimeter Weite eingesetzt. War die letztere Mündung allein geöffnet, so betrug die Ausflußzeit $t = 128$ Sec., floß aber das Wasser durch beide Mündungen zugleich aus, so fiel die Ausflußzeit nur 57,167 Secunden aus.

Der Inhalt der ersteren Oeffnung ist $F_1 = 0{,}8012$ Quadratcentimeter, und der Ausflußcoefficient derselben, nach

§. 8, $\mu_1 = 0{,}64817$, wonach sich $\mu_1 F_1 = 0{,}51932$ setzen läßt. Der Ausflußcoefficient der unteren Ausflußöffnung, deren Inhalt $F = 0{,}4312$ Quadratcentimeter mißt, ergiebt sich durch Berechnung des ersten Versuches, für welchen

$h = 0{,}9704$ und
$x = 0{,}8504$ Meter war.

Es folgt hieraus

$$\mu F = 565{,}15 \frac{(\sqrt{h} - \sqrt{x})}{t} = \frac{565{,}15\,(0{,}98509 - 0{,}92217)}{128}$$

$= 0{,}27780$, und hiernach

$\mu = 0{,}64424$.

Für den gleichzeitigen Ausfluß durch beide Mündungen F_1 und F ist annähernd die Ausflußzeit

$$t = \frac{G s}{\sqrt{2g}\,(\mu F \sqrt{h - \frac{1}{2}s} + \mu_1 F_1 \sqrt{h_1 - \frac{1}{2}s})}$$

und zu setzen:

$$\frac{G}{\sqrt{2g}} = \frac{1}{2} \cdot 565{,}15 = 282{,}575,$$

$s = 0{,}12$,

$\sqrt{h - \frac{1}{2}s} = \sqrt{0{,}9104} = 0{,}95415$ und

$\sqrt{h_1 - \frac{1}{2}s} = \sqrt{0{,}4694 - 0{,}060} = \sqrt{0{,}4094} = 0{,}63984$.

Hieraus ergiebt sich

$$t = \frac{33{,}909}{0{,}2778 \,.\, 0{,}95415 + 0{,}51932 \,.\, 0{,}63984} = \frac{33{,}909}{0{,}59734}$$

$= 56{,}767$ Secunden,

also um $57{,}167 - 56{,}767 = 0{,}4$ Sec. zu klein.

Ebenso ist die Ausflußmenge der oberen Mündung annähernd

$$V_1 = \frac{\mu F \sqrt{h - \frac{1}{2}s}}{\mu F \sqrt{h - \frac{1}{2}s} + \mu_1 F_1 \sqrt{h_1 - \frac{1}{2}s}} \,.\, G s$$

$$= \frac{0{,}33228}{0{,}59734} \,.\, 0{,}12516 \,.\, 0{,}12$$

$= 0{,}008355$ Cubikmeter.

Das aus der oberen Mündung ausfließende Wasser wurde beim Versuche in einem Gefäße vom Querschnitt $G_1 = 0{,}070225$ Quadratmeter aufgefangen, und bildete eine Schicht von $0{,}1183$ Meter Höhe; es betrug deshalb effectiv das Ausflußquantum

$V_1 = 0{,}070225 \,.\, 0{,}1183 = 0{,}008308$ Cubikmeter,

d. i. $0{,}56$ Procent weniger.

Bei einem vierten Versuche war im obern Loche A des Hauptausflußapparates das conoidische Mundstück Fig. 4, von 1,002 Cent. Mündungsweite und im mittleren Loche B die Kreismündung F in der dünnen Wand von 1,01 Cent. Durchmesser eingesetzt. Beim Ausflusse durch das conoidische Mundstück allein fiel $t = 142$ Sec. aus, wogegen beim gleichzeitigen Ausfluß durch beide Mündungen, wobei, wie allemal der Wasserspiegel WW von der obern Spitze Z_1 bis zur unteren Spitze Z_2, d. i. um 0,12 Meter sank, die Ausflußzeit $t = 59{,}6$ Secunden betrug.

Für das conoidische Mundstück, dessen Mündung den Querschnitt $F_1 = 0{,}7885$ Quadratcentimeter hat, ist dem Vorversuche zu Folge, da hier während des Ausflusses die Druckhöhe $h_1 = 0{,}1700$ in $y = 0{,}0500$ übergeht,

$$\mu_1 F_1 = \frac{565{,}15\,(\sqrt{0{,}1700} - \sqrt{0{,}0500})}{142} = 0{,}75098, \text{ und}$$

$\mu_1 = 0{,}95242$.

Nach dem Obigen ist ferner für die untere Kreismündung $\mu F = 0{,}51932$, daher hat man für den Hauptversuch

$$m = \frac{\mu_1 F_1}{\mu F} = 1{,}44608, \text{ und}$$

$$p = \sqrt{m^2 - 1} = 1{,}04458.$$

Mit Hilfe der Hauptformel II. in §. 2 folgt nun, wenn man außer diesen Werthen noch die Werthe für G, h, h_1, x, y und a aus dem Beispiele in §. 7 entnimmt, die Ausflußzeit bei Eröffnung beider Mündungen:

$t = 59{,}246$ Secunden,

also um $59{,}60 - 59{,}246 = 0{,}354$ Sec. kleiner als der Versuch giebt.

Ebenso folgt mittels der Hauptformel III. des §. 4 die Ausflußmenge, welche in der gefundenen Zeit durch die untere Mündung F ausströmt:

$V = 0{,}008674$ Cubikmeter.

Das ganze Ausflußquantum betrug

$W = G s = 0{,}12516 \,.\, 0{,}12 = 0{,}015019$ Cubikmeter,

daher ist hiernach die Ausflußmenge der oberen Mündung:

$V_1 = W - V = 0{,}006345$.

Die wirklich ausgeflossene Wassermenge betrug

$V_1 = G_1 s_1 = 0{,}070225 \,.\, 0{,}0917 = 0{,}006397$ Cubikmeter,

war also um $\frac{97 - 45}{63{,}45} = \frac{52}{63{,}45} = 0{,}82$ Procent größer als die berechnete.

II. Der veränderliche Ausfluß des Wassers durch eine ringsumschlossene Mündung bei constantem Zufluß.

§. 10. Wenn das Wasser durch eine Mündung F frei oder vielmehr in einen Raum mit constantem Drucke ausfließt, während dem Ausflußgefäße pro Sec. eine constante Wassermenge Q zugeführt wird, so ist die Ausflußzeit, innerhalb welcher die Druckhöhe h in z übergeht, durch die bekannte Formel

$$1)\quad t = \frac{2G}{\mu F\sqrt{2g}}\left(\sqrt{h}-\sqrt{z}+\sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{k}}{\sqrt{z}-\sqrt{k}}\right)\right)$$

zu berechnen, worin $k = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q}{\mu F}\right)^2$ diejenige Druckhöhe bezeichnet, bei welcher der Beharrungszustand im Ausflusse eingetreten ist. Hierbei ist die ganze Ausflußmenge durch die Formel

$$\begin{aligned} V &= G(h-z) + Qt \\ &= G\left[h-z+\frac{2Q}{\mu F\sqrt{2g}}\left(\sqrt{h}-\sqrt{z}+\sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{k}}{\sqrt{z}-\sqrt{k}}\right)\right)\right] \\ &= G\left[h-z+2\sqrt{k}\left(\sqrt{h}-z+\sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{k}}{\sqrt{z}-\sqrt{k}}\right)\right)\right], \text{ d. i.} \end{aligned}$$

$$2)\quad V = G\left[h-z+2\sqrt{k}(\sqrt{h}-\sqrt{z})+2k\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{k}}{\sqrt{z}-\sqrt{k}}\right)\right] \text{ bestimmt.}$$

Hierüber angestellte Versuche wurden in der Abhandlung über die verschiedenen Methoden der Versuche über den Ausfluß des Wassers unter constantem Drucke in Bd. III, Seite 10 d. Zeitschrift mitgetheilt, wo jedoch V nur annähernd bestimmt worden ist.

§. 11. Etwas complicirter ist der Fall, wenn das Wasser aus einem Gefäße ABE, Fig. 5, in ein anderes Gefäß LDF fließt, während das erste Gefäß einen constanten Zufluß erhält. Bezeichnet F den Querschnitt der Mündung, durch welche das Wasser in das zweite Gefäß strömt, sowie μ den Ausflußcoefficienten für das ganze Communicationsrohr, und ist z die Druckhöhe, oder der Niveauabstand zwischen den Wasserspiegeln KL und HR in beiden Gefäßen, so läßt sich die in dem Zeitelemente dt durch F nach LDF fließende Wassermenge $\mu F\sqrt{2gz}\,.\,dt$ setzen. Ist ferner G der Querschnitt des einen und G_1 der des zweiten Gefäßes, x die veränderliche Senktiefe des einen und y die entsprechende Steighöhe des andern Wasserspiegels innerhalb einer gewissen Zeit t, worin der anfängliche Abstand h der Wasserspiegel AB und CD in z übergeht, so hat man $x+y+z=h$, und

$$\begin{aligned}\mu F\sqrt{2gz}\,.\,dt &= G\,dy \\ &= Q\,dt + G\,dx.\end{aligned}$$

Hiernach hat man zu setzen:

$$G_1\,dy = Q\,dt - G(dy+dz), \text{ d. i.}$$

$$dy = \frac{Q\,dt - G\,dz}{G+G_1}, \text{ und}$$

$$\mu F\sqrt{2gz}\,.\,dt = \frac{G_1}{G+G_1}(Q\,dt - G\,dz), \text{ oder}$$

$$\left(\mu F\sqrt{2gz} - \frac{G_1}{G+G_1}Q\right)dt = -\frac{G\,dz}{G+G_1},$$

so daß

$$dt = -\frac{G\,dz}{\mu F\left(\frac{G+G_1}{G_1}\right)\sqrt{2gz}-Q} \text{ und}$$

$$t = \frac{G}{Q}\int\frac{dz}{1-\frac{\mu F}{Q}\,.\,\frac{G+G_1}{G_1}\sqrt{2gz}} \text{ ausfällt.}$$

Setzen wir $\frac{\mu F}{Q}\,.\,\frac{G+G_1}{G_1}\sqrt{2gz} = u$, hiernach

$$z = \left(\frac{Q}{\mu F}\right)^2\left(\frac{G_1}{G+G_1}\right)^2\,.\,\frac{u^2}{2g}, \text{ und}$$

$$dz = \left(\frac{Q}{\mu F}\right)^2\left(\frac{G_1}{G+G_1}\right)^2\,.\,\frac{2u\,du}{2g},$$

so erhalten wir

$$t = \frac{GQ}{g(\mu F)^2}\left(\frac{G_1}{G+G_1}\right)^2\int\frac{u\,du}{1-u}.$$

Nun ist $\frac{u}{1-u} = -1+\frac{1}{1-u} = -\left(1+\frac{1}{u-1}\right)$, und hiernach

$$\int\frac{u\,du}{1-u} = -\left(du+\frac{du}{u-1}\right) = -\left(u+\text{Ln}(u-1)\right)+\text{Const.}, \text{ daher folgt}$$

$$\begin{aligned} t &= -\frac{GQ}{g(\mu F)^2}\left(\frac{G_1}{G+G_1}\right)^2\left(u+\text{Ln}(u-1)\right)+\text{Const.}, \text{ d. i.} \\ &= -\frac{GQ}{g(\mu F)^2}\left(\frac{G_1}{G+G_1}\right)^2\left(\frac{\mu F}{Q}\,.\,\frac{G+G_1}{G_1}\sqrt{2gz}+\text{Ln}\left(\frac{\mu F}{Q}\,.\,\frac{G+G_1}{G_1}\sqrt{2gz}-1\right)\right)+\text{Const.}\end{aligned}$$

Anfangs ist der Niveauabstand $= h$, daher hat man:

$$0 = -\frac{GQ}{g(\mu F)^2}\left(\frac{G_1}{G+G_1}\right)^2\left(\frac{\mu F}{Q}\cdot\frac{G+G_1}{G_1}\sqrt{2gh} + Ln\left(\frac{\mu F}{Q}\cdot\frac{G+G_1}{G_1}\sqrt{2gh}-1\right)\right) + Const.$$

und endlich die gesuchte Ausflußzeit, innerhalb welcher die Druckhöhe aus h in z übergeht:

$$t = \frac{GQ}{g(\mu F)^2}\left(\frac{G_1}{G+G_1}\right)^2\left(\frac{\mu F}{Q}\cdot\frac{G+G_1}{G_1}\sqrt{2g}(\sqrt{h}-\sqrt{z}) + Ln\left(\frac{\mu F(G+G_1)\sqrt{2gh}-QG_1}{\mu F(G+G_1)\sqrt{2gz}-QG_1}\right)\right).$$

Ist k die Druckhöhe, bei welcher die beiden Wasserspiegel mit gleicher Geschwindigkeit steigen, so hat man

$$\frac{\mu F\sqrt{2gk}}{Q} = \frac{G_1}{G+G_1}, \text{ daher } k = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q}{\mu F}\right)^2\left(\frac{G_1}{G+G_1}\right)^2, \text{ und}$$

$$1)\quad t = \frac{2G}{Q}\sqrt{k}\left(\sqrt{h}-\sqrt{z}+\sqrt{k}\,Ln\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{k}}{\sqrt{z}-\sqrt{k}}\right)\right).$$

Da für $z=k$, $Ln\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{k}}{\sqrt{z}-\sqrt{k}}\right) = Ln\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{k}}{0}\right) = \infty$ ausfällt, so tritt dieser Fall erst unendlich spät ein.

Ist $Q > \mu F\sqrt{2gh}$, so steigt gleich anfänglich der Wasserspiegel G mit dem Wasserspiegel G_1, fällt dagegen $Q < \mu F\sqrt{2gh}$ aus, so sinkt der Wasserspiegel G am Anfang des Ausflusses, bis die Druckhöhe auf die Größe $k_0 = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q}{\mu F}\right)^2$ gesunken ist.

Von diesem Zeitpunkt an beginnt das Steigen des Wasserspiegels G und eine allmälige Abnahme der Druckhöhe, welche letztere sich dem Grenzwerth

$$k = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q}{\mu F}\right)^2\left(\frac{G_1}{G+G_1}\right)^2$$

allmälig nähert, ohne denselben je zu erreichen. Die Zeit, bei welcher das Sinken von G zu Ende ist, giebt die Formel 1) an, wenn man darin $z=k_0$ einführt.

Setzt man $G_1=\infty$, so fällt $k=\frac{1}{2g}\left(\frac{Q}{\mu F}\right)^2$ aus, und man hat es dann mit dem obigen Fall des Ausflusses in einem Raume mit constantem Drucke zu thun.

Findet kein Zufluß statt, ist also $Q=0$, so hat man

$$\frac{\sqrt{k}}{Q} = \frac{1}{\mu F\sqrt{2g}}\cdot\frac{G_1}{G+G_1}, \text{ und}$$

$$\frac{k}{Q} = \frac{Q}{2g(\mu F)^2}\cdot\left(\frac{G_1}{G+G_1}\right)^2 = 0,$$

daher folgt für diesen Fall die bekannte Formel

$$t = \frac{2GG_1}{G+G_1}\,\frac{\sqrt{h}-\sqrt{z}}{\mu F\sqrt{2g}},$$

welche für $G_1=\infty$ in

$$t = \frac{2G(\sqrt{h}-\sqrt{z})}{\mu F\sqrt{2g}}$$

übergeht.

Das Wasserquantum, welches im allgemeinen Falle in der Zeit t zufließt, ist $W=Qt$, das, welches aus dem ersten Gefäße in's zweite fließt, $V=Gx$, und das, welches das letztere aufnimmt, $V_1=G_1y$. Daher hat man

$$Qt+Gx = G_1y = G_1(h-z-x),$$

so daß folgt:

$$2)\quad x = \frac{G_1(h-z)-Qt}{G+G_1}, \text{ sowie}$$

$$3)\quad y = \frac{G(h-z)+Qt}{G+G_1}, \text{ und}$$

$$4)\quad V = \frac{G}{G+G_1}\cdot(G_1(h-z)-Qt), \text{ sowie}$$

$$5)\quad V_1 = \frac{G_1}{G+G_1}(G(h-z)+Qt).$$

§. 12. Versuche über das im Vorstehenden abgehandelte Ausflußverhältniß sind mit Hilfe des hydraulischen Apparates wie folgt angestellt worden. Der Hauptausflußapparat WAB, Fig. 6, wurde mit der offenen Vorlage EFP durch eine Hahnröhre HF verbunden, in deren Ende das eine oder andere Mundstück F eingesetzt war, und das Wasser wurde dem Apparat durch die Kropfröhre LN zugeführt, welche mit dem bekannten Mariotte'schen Ausflußgefäße KM in Verbindung stand, und an ihrem unteren Ende ein besonderes Mundstück N enthielt. Vor Beginn des Versuches stand der Wasserspiegel WW im Hauptreservoir an einer der Zeigerspitzen Z_1 und Z_2, und der Wasserspiegel OO in der Vorlage reichte bis an die Spitze des beweglichen Zeigers PS. Wurde dann die Mündung N entstöpselt, so floß durch dieselbe eine unveränderliche Wassermenge in das Ausflußreservoir ABC, und wurde gleichzeitig auch der Hahn H geöffnet, so strömte Wasser aus demselben durch das Mundstück F in die Vorlage EF, wobei der Wasserspiegel OO in derselben allmälig höher und höher stieg. Nach Verlauf einer gewissen Zeit t verschloß man endlich wieder N und H und beobachtete die

neuen Stände der Wasserspiegel WW und OO. Um die auf diese Weise angestellten Versuche berechnen zu können, war es nöthig, den Ausflußcoefficienten des Mundstückes F sammt der ganzen Hahnröhre HF zu kennen. Deshalb wurden auch noch Versuche angestellt, wobei die Mündung N verschlossen blieb und daher kein Zufluß an Wasser statt hatte. Auch ist zu demselben Zweck schlüßlich die Vorlage EF, Fig. 7, mit der oberen Mündung an die Hahnröhre u. s. w. angeschlossen und ein Ausflußversuch in der Art ausgeführt worden, daß das Wasser am oberen Rande P ringsum abfloß, wobei natürlich der Stand des Unterwasserspiegels nahe unverändert blieb.

§. 13. Bei den Vorversuchen mittels des in Fig. 7 abgebildeten Apparates, wo das Wasser über dem oberen Rande der Vorlage EF abfloß, erfolgte der Zufluß 1) durch die Kreismündung Fig. 3 in der dünnen Wand vom Durchmesser $d = 0{,}741$ Centimeter, und 2) durch das conoidische Mundstück, Fig. 4, von 1,001 Centimeter Weite.

Im ersten Falle war die anfängliche Druckhöhe, von der oberen Spitze Z_1 im Hauptreservoir bis zur Oberfläche des am oberen Rande der Vorlage rundherum abfließenden Wassers gemessen, $h = 0{,}2446$ Meter, und es sank der Oberwasserspiegel in der Zeit $t = 291{,}75$ Secunden von dieser Spitze Z_1 bis zur unteren Spitze Z_2, also um $s = 0{,}1200$ Meter, so daß die Druckhöhe am Ende des Versuches, $z = 0{,}1246$ Meter ausfiel.

Hiernach ist für den Ausfluß durch die Hahnröhre und die gedachte Kreismündung der Ausflußcoefficient, da hier wegen der eingehangenen Beruhigungsröhre der Inhalt des sinkenden Wasserspiegels nur $G = 0{,}12516 - 0{,}00018 = 0{,}12498$ Quadratmeter, folglich $\frac{2G}{\sqrt{2g}} = 564{,}32$ betrug,

$$\mu = \frac{2G(\sqrt{h} - \sqrt{z})}{Ft\sqrt{2g}} = \frac{564{,}32(\sqrt{0{,}2446} - \sqrt{0{,}1246})}{291{,}75\,F} = \frac{564{,}32 \,.\, 0{,}14158}{291{,}75\,F}$$

$$= \frac{0{,}27386}{F} = 0{,}63511.$$

Bei dem zweiten Versuche mit dem conoidischen Mundstück war die Ausflußzeit $t = 107{,}25$ Secunden, ferner $h = 0{,}2466$ und $z = 0{,}1266$ Meter, daher ist hier der Ausflußcoefficient

$$\mu = \frac{564{,}32(\sqrt{0{,}2466} - \sqrt{0{,}1266})}{107{,}25\,F} = \frac{0{,}74072}{F} = \frac{0{,}74072}{0{,}7885} = 0{,}93940.$$

Bei den anderen Vorversuchen kam der ganze Apparat Fig. 6 zur Anwendung; es fand aber hierbei kein Zufluß durch das Mundstück N statt. Während des Ausflusses sank der Wasserspiegel im Hauptreservoir von Z_1 bis Z_2, also um die bekannte Tiefe $s = 0{,}1200$ Meter, und es stieg das Wasser in der Vorlage um eine jedes Mal besonders auszumessende Höhe s_1, aus welcher sich zunächst der mittlere Querschnitt G_1 der Vorlage mittels der Formel

$$G_1 = \frac{Gs}{s_1}$$

berechnen ließ.

Die zur Berechnung dieser Versuche dienende Formel ist

$$\mu = \frac{2GG_1}{G + G_1} \cdot \frac{\sqrt{h} - \sqrt{z}}{Ft\sqrt{2g}}.$$

Bei dem ersten Versuche, wo die Kreismündung Fig. 3 in der dünnen Wand als Ausflußöffnung diente, war die Ausflußzeit $t = 251{,}25$ Secunden, die anfängliche Druckhöhe, von der Spitze Z_1 im Hauptreservoir bis Unterwasserspiegel gemessen, $h = 0{,}4369$ Meter, und die Druckhöhe am Ende des Ausflusses, wo der Wasserspiegel im Hauptreservoir die Spitze Z_2 erreicht hat, $z = 0{,}1047$ Meter, wobei der Unterwasserspiegel um die Höhe $s_1 = 0{,}2122$ Meter gestiegen war. Es ist hiernach der Inhalt des Unterwasserspiegels:

$$G_1 = \frac{0{,}1200}{0{,}2122} G = 0{,}5655\, G = 0{,}070677 \text{ Qu.-Meter.}$$

Nun folgt $\frac{G_1}{G + G_1} = \frac{0{,}5655}{1{,}5655} = 0{,}36123$,

und es ist daher der gesuchte Ausflußcoefficient:

$$\mu = 0{,}36123 \,.\, \frac{564{,}32(\sqrt{0{,}4369} - \sqrt{0{,}1047})}{251{,}25\,F}$$

$$= \frac{0{,}27376}{F} = \frac{0{,}27376}{0{,}4312} = 0{,}63487,$$

also nur wenig kleiner als der bei den Versuchen mit überfließendem Gefäße gefundene Werth.

Bei dem zweiten Versuche, wo das conoidische Mundstück, Fig. 4, am Ende der Hahnröhre saß, also das Wasser durch dieses zum Ausflusse in die Vorlage gelangte, war die Ausflußzeit $t = 114{,}0$ Sec., wobei die Druckhöhen $h = 0{,}3708$ und $z = 0{,}0387$ Meter ausfielen, und der Unterwasserspiegel um $s_1 = 0{,}2121$ Meter stieg. Es ist hiernach:

$$G_1 = \frac{0{,}1200}{0{,}2121} G \text{ und}$$

$$\frac{G_1}{G + G_1} = \frac{0{,}1200}{0{,}3321} = 0{,}36134,$$

und es folgt der gesuchte Ausflußcoefficient des conoidischen Mundstückes sammt Hahnröhre:

$$\mu = 0{,}36134 \,.\, \frac{564{,}32 \sqrt{0{,}3708} - \sqrt{0{,}0387}}{114\,F}$$
$$= \frac{0{,}73731}{F} = \frac{0{,}73731}{0{,}7885} = 0{,}9351,$$

während oben

$\mu = 0{,}9394$ gefunden worden ist.

§. 14. Die Hauptversuche über den Ausfluß des Wassers bei constantem Zufluß und veränderlichem Stande des Ober- und des Unterwasserspiegels wurden mittels des vollständigen Apparates in Fig. 6 in ähnlicher Art wie die letzten Versuche, jedoch mit dem Unterschiede ausgeführt, daß hier während des Ausflusses durch F noch ein durch das Mariotte'sche Gefäß hervorgebrachter constanter Zufluß statt hatte. Hierbei können natürlich zwei Fälle vorkommen; entweder fließt unten durch die Mündung F mehr Wasser ab, als oben durch das Mundstück N in der Kropfröhre zu, oder es ist das Umgekehrte der Fall, während im ersten Falle der Wasserspiegel WW im Hauptreservoir allmälig sinkt, steigt er dagegen im zweiten Falle allmälig immer höher und höher.

Erster Versuch mit fallendem Wasserspiegel. In der Zeit $t = 120$ Secunden sank der Wasserspiegel im Hauptreservoir von der obersten Spitze Z_1 an um 0,03287 Meter, und stieg in der Vorlage um $s_1 = 0{,}2495$ Meter, während das Wasser durch das conoidische Mundstück Fig. 4 von 1,01 Durchmesser aus dem Hauptreservoir in die Vorlage floß. Die Druckhöhe oder der Abstand der beiden Wasserspiegel betrug am Anfang des Versuches: $h = 0{,}3753$, und am Ende desselben: $z = 0{,}0929$ Meter.

Es ist zunächst das constante Zuflußquantum p. sec.:

$$Q = \frac{G_1 s_1 - Gs}{t} = \frac{0{,}070677 \,.\, 0{,}2495 - 0{,}12498 \,.\, 0{,}03287}{120}$$
$$= 0{,}00011272 \text{ Cubikmeter.}$$

Führt man noch

$$\mu F = 0{,}000073731, \quad \frac{G_1}{G + G_1} = 0{,}36134 \text{ und } g = 9{,}81$$

ein, so erhält man für die Geschwindigkeitshöhe k:

$$\sqrt{k} = \frac{G_1}{G + G_1} \,.\, \frac{Q}{\mu F \sqrt{2g}} = \frac{0{,}36134 \,.\, 0{,}00011272}{0{,}000073731 \,.\, 4{,}4294}$$
$$= 0{,}124716, \text{ und hiernach}$$
$$\frac{2\,G}{Q} \sqrt{k} = 276{,}57.$$

Ferner ist

$$\sqrt{h} - \sqrt{z} = 0{,}612617 - 0{,}304795 = 0{,}307822,$$
$$\sqrt{h} - \sqrt{k} = 0{,}612617 - 0{,}124716 = 0{,}487901,$$
$$\sqrt{z} - \sqrt{k} = 0{,}304795 - 0{,}124716 = 0{,}180079,$$

daher folgt die Ausflußzeit:

$$t = \frac{2\,G}{Q} \sqrt{k} \left(\sqrt{h} - \sqrt{z} + \sqrt{k} \text{ Log. nat.} \left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{k}}{\sqrt{z} - \sqrt{k}}\right)\right)$$
$$= 276{,}57 \left(0{,}307822 + 0{,}124716 \text{ Log. nat.} \left(\frac{0{,}487901}{0{,}180079}\right)\right)$$
$$= 276{,}57\,(0{,}307822 + 0{,}124716 \,.\, 2{,}302585 \,.\, 0{,}432869) = 276{,}57 \,.\, 0{,}43213 = 119{,}51;$$

also um $120 - 119{,}51 = 0{,}49$ Secunde kleiner als dem Versuche zu Folge.

Zweiter Versuch. Während beim ersten Versuche das Wasser aus der Kropfröhre durch die Kreismündung in der dünnen Wand von 1,010 Centimeter Weite zufloß, wurde es hier durch die Kreismündung von 0,741 Centimeter Weite zugeführt. Es war hier $t = 140$ Sec., $s = 0{,}07500$, $s_1 = 0{,}25415$, $h = 0{,}3700$ und $z = 0{,}0404$ Meter, und berechnet sich hiernach

$$Q = \frac{G_1 s_1 - Gs}{t} = \frac{0{,}070677 \,.\, 0{,}25515 - 0{,}12498 \,.\, 0{,}07500}{140} = 0{,}000061350 \text{ Cubikmeter,}$$
$$\sqrt{k} = \frac{G_1}{G + G_1} \,.\, \frac{Q}{\mu F \sqrt{2g}} = 0{,}067880,$$
$$\frac{2\,G}{Q} \sqrt{k} = 276{,}56,$$
$$\sqrt{h} - \sqrt{z} = 0{,}608276 - 0{,}200997 = 0{,}407279,$$
$$\sqrt{h} - \sqrt{k} = 0{,}608276 - 0{,}067880 = 0{,}540396,$$
$$\sqrt{z} - \sqrt{k} = 0{,}200997 - 0{,}067880 = 0{,}133117, \text{ sowie}$$
$$\text{Log} \left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{k}}{\sqrt{z} - \sqrt{k}}\right) = 0{,}732712 - 0{,}124233 = 0{,}608479,$$

und es folgt schließlich die Ausflußzeit:

$$t = \frac{2\,G \sqrt{k}}{Q} \left(\sqrt{h} - \sqrt{z} + \sqrt{k} \text{ Log. nat.} \left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{k}}{\sqrt{z} - \sqrt{k}}\right)\right)$$
$$= 276{,}56\,(0{,}407279 + 0{,}067880 \,.\, 2{,}302585 \,.\, 0{,}608479)$$

$= 139{,}0$ Secunden, während der Versuch $t = 140{,}0$ Secunden gab.

Dritter Versuch, mit steigendem Wasserspiegel. Hier floß das Wasser durch die Kreismündung in der dünnen Wand vom Durchmesser $d = 1{,}010$ Centimeter zu, und durch die Kreismündung vom Durchmesser $d_1 = 0{,}741$ Centimeter aus dem Hauptreservoir in die Vorlage. Es stieg während der Ausflußzeit $t = 266$ Secunden, der Wasserspiegel WW von der unteren Spitze Z_2 bis zur oberen Spitze Z_1 um $0{,}1200$, und dagegen der Wasserspiegel in der Vorlage um $s_1 = 0{,}2048$ Meter, wobei die Druckhöhe von $h = 0{,}2540$ auf $z = 0{,}1671$ sank.

Hiernach berechnet sich $Q = \frac{G_1 s_1 + G s}{t} = \frac{0{,}070677\, s_1 + 0{,}12498\, s}{266} = 0{,}000110836$ Cubikmeter,

$$\text{ferner } \sqrt{k} = \frac{G_1}{G + G_1} \cdot \frac{Q}{\mu F \sqrt{2g}} = \frac{0{,}36134\, Q}{0{,}000027376 \sqrt{2g}} = 0{,}33017,$$

$$\frac{Q}{2 G \sqrt{k}} = 744{,}63,$$

$$\sqrt{h} - \sqrt{z} = \sqrt{0{,}2540} - \sqrt{0{,}1671} = 0{,}50398 - 0{,}40878 = 0{,}09520,$$

$$\sqrt{h} - \sqrt{k} = 0{,}50398 - 0{,}33017 = 0{,}17381,$$

$$\sqrt{z} - \sqrt{k} = 0{,}40878 - 0{,}33017 = 0{,}07861,$$

$$\text{Log}\left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{k}}{\sqrt{z} - \sqrt{k}}\right) = 1{,}24007 - 0{,}89548 = 0{,}34459, \text{ wonach nun die Ausflußzeit}$$

$$t = \frac{2 G \sqrt{k}}{Q}\left(\sqrt{h} - \sqrt{z} + \sqrt{k}\, \text{Ln}\left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{k}}{\sqrt{z} - \sqrt{k}}\right)\right) = 744{,}63\,(0{,}09520 + 0{,}26198) = 265{,}97 \text{ Secunden}$$

folgt, während der Versuch $t = 266{,}0$ Secunden gegeben hat.

(Fortsetzung folgt.)

Reisenotizen über einige eiserne Brücken am Rheine.

Von

Dr. E. Winkler, Lehrer an der polytechnischen Schule in Dresden.

(Fortsetzung.)

Brücke über die Lahn bei Oberlahnstein.

(Hierzu Tafel 9 bis 12.)

Dieselbe liegt in der Verbindungsbahn zwischen Coblenz und Oberlahnstein. Sie hat 3 Oeffnungen; die beiden äußeren von je 31,87 Meter = 112,5 Fuß sächs., die mittlere von 42,24 Meter = 149,2 Fuß sächs. Lichtweite. Diese 3 Oeffnungen sind einzeln durch Gitterträger überspannt. Das für diese Träger gewählte System ist demjenigen ähnlich, welches zuerst bei der Brücke über die Garonne bei Bordeaux, später auch bei manchen andern Brücken, z. B. bei der Isarbrücke bei Plattling, der Innbrücke bei Passau, der Innbrücke bei Bühelwang u. s. w. in Anwendung gekommen ist. Jeder Träger besteht nach Art der Kastenträger bei Blechbrücken aus zwei nebeneinander liegenden Gitterwänden, wobei die gedrückten Gitterstäbe, welche sich gegenüber stehen, durch leichtes Gitterwerk miteinander verbunden sind, um ihnen eine genügende Steifigkeit gegen Einknicken zu geben.

Bei den äußeren Oeffnungen sind außer den schräg liegenden Gitterstäben noch verticale, mit Gitterwerk versehene Steifen angeordnet, jedenfalls nur zur bequemeren Anbringung der Querträger und zur Absteifung der Gitterwände gegen die Querträger. Der untere Gurt, welcher nur auf Zug beansprucht ist, besteht aus 4 verticalen, nicht miteinander verbundenen Blechen von wechselnder Dicke; jedenfalls eine ganz passende Anordnung. Der obere Gurt ist, da derselbe auf Druck beansprucht wird, in passender Weise steif construirt.

Bei der mittleren Oeffnung sind beide Gurte ziemlich gleich construirt. Die verticalen Steifen sind weggeblieben und die Querträger an den unteren Gurt angehangen, wie Tafel 11, Fig. 1, 4, 5, 6, 7 zeigt. Zur

Verhinderung pendelartiger Schwingungen der Querträger sind seitliche Bänder angebracht (Fig. 4, Tafel 11). Diese ganz neue Construction machte es nöthig, die Träger der mittleren Oeffnung bedeutend höher zu legen, als die der äußeren Oeffnungen. Zweckmäßiger als diese künstliche und nicht sehr solide Befestigungsweise dürfte die directe Vernietung des Obergurtes des Querträgers mit dem Untergurte der Hauptträger sein, welche bei einigen neueren englischen Brücken vorkommt. Da keine verticalen Steifen vorhanden sind, so war eine Absteifung der Träger gegen die Querträger, wie in den äußeren Oeffnungen, nicht gut thunlich. Deshalb ist hier, um den Trägern die nöthige Stabilität zu geben, eine obere Querverbindung durch I förmige Eisen mit Strebebändern angeordnet.

Diese große Verschiedenheit in der Construction der äußeren und inneren Oeffnungen, sowie die hohe Lage der mittleren Träger gegen die äußeren, macht allerdings auf das Auge keinen besonderen günstigen Eindruck. Auch wird es schwer sein, einen passend decorirten Pfeileraufsatz zu finden, um den Uebergang der äußeren Träger in den mittleren wohlgefällig zu vermitteln.

Das für das Gitterwerk gewählte System hat gewiß bei größeren Spannweiten gegen andere Systeme Vorzüge. Bei so kleinen Spannweiten, wie sie hier vorliegen, würde aber wohl das einfachere System der beiden vorigen Brücken vorzuziehen sein.

Neu ist bei dieser Brücke auch die Lagerung der Träger; wenigstens ist diese Lagerung noch nicht bei geraden Trägern angewendet; wir finden sie ähnlich bei der Brücke über die Brahe bei Czersk, bei welcher der obere Gurt einen Bogen bildet. An den Enden des Untergurtes ist eine Art Zapfenlager, nämlich ein gußeiserner Körper mit einer cylindrischen Vertiefung angeschraubt. Dieses Lager ruht auf einem entsprechenden Zapfen oder einem cylindrischen Wulste, um welchen sich das Lager drehen kann, so daß den Enden der Träger die Möglichkeit gegeben ist, sich bei einer Belastung der Brücke schief zu stellen. Der Hauptzweck aber ist wohl der, daß der Stützendruck immer durch denselben Punkt gehen soll. Man könnte solche Lager passend Kipplager nennen. Ruht der Träger auf einer ebenen Platte, so ist der Angriffspunkt des Druckes sehr unbestimmt; bei einer starken Durchbiegung kann er sogar nahe an die innere Kante der Unterlagsplatte rücken, weshalb hier die Enden so weit besonders versteift werden müssen, als die Unterlagsplatte reicht. Deshalb erscheint das vorliegende Kipplager theoretisch nicht unzweckmäßig; die Reibung zwischen den beiden Gußeisenkörpern ist aber jedenfalls so groß, daß eine Bewegung nicht eintritt; in Folge dessen wird eine besondere Beanspruchung der Enden des Trägers bewirkt, welche sich schwer ermitteln läßt. In der That versicherte mir Herr Bauführer Hüne, daß eine Bewegung durchaus nicht wahrzunehmen sei. Zweckmäßiger erscheinen mir diejenigen Kipplager zu sein, bei welchen sich eine ebene und eine cylindrische Fläche berühren, bei welchen also nicht, wie hier, gleitende Reibung eintritt, wie sie z. B. bei der Rheinbrücke bei Mainz, der Isarbrücke bei Großhesselohe und der Rodachbrücke bei Kronach angewendet sind.

Wie gewöhnlich ist wegen der veränderlichen Länge der Träger das eine Lager fest, das andere aber als Walzenlager construirt. Die festen Lager sind auf Tafel 10, Fig. 1, 5 und auf Tafel 11, Fig. 2, 3, die Walzenlager auf Tafel 12, Fig. 3, 4, dargestellt.

Es erscheint mir übrigens nicht unzweckmäßig, Kipp- und Walzenlager dadurch zu vereinigen, daß man das eine Ende des Trägers mit einer genügend starken Gußeisen-, besser Stahlplatte auf eine einzige größere Walze legt, welche vor dem Fortrollen dadurch gesichert werden kann, daß an den Endflächen der Walze angebrachte Zähne in entsprechende Lücken der Ueber- und Unterlagsplatte greifen, ähnlich wie bei den Stelzenlagern der oben genannten Isarbrücke bei Großhesselohe und der Rodachbrücke bei Kronach. Hierdurch wird sowohl der Längenveränderung des Trägers durch Temperaturänderungen, als auch der Bestimmtheit in der Lage des Angriffspunktes des Stützendruckes Rechnung getragen.

Eine ausführlichere Darstellung des beschriebenen Bauwerkes ist in diesem Jahrgange von „Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen" zu erwarten.

(Fortsetzung folgt.)

Die zusammengesetzten Ausflußverhältnisse theoretisch entwickelt und durch Versuche erläutert

vom

Bergrath, Prof. Dr. Julius Weisbach.

(Schluß.)

III. Der veränderliche Ausfluß des Wassers durch Wandeinschnitte mit und ohne Zufluß.

§. 15. Zu Versuchen über den Ausfluß des Wassers durch Ueberfälle wurde der aus einer Abhandlung in Bd. X, Hft. 3, bekannte niedrige Kasten aus Holz angewendet. Der verticale Längendurchschnitt dieses Ausflußapparates ist in Fig. 8, auf Taf. 8 abgebildet. Der innere Raum ABCD dieses Reservoirs hat, bei einer Weite von 0,425 Meter, die Länge AD = BC = 2,25 Meter und die Tiefe AB = DC = 0,190 Meter. Die Ausflußmündungen EF waren in Tafeln aus Messingblech ausgeschnitten (wie z. B. I. und II., Fig. 8), welche über einer größeren Oeffnung in der Querwand AB des Kastens festgeschraubt wurden. Uebrigens war der Kasten auf einer Steinbank QQ so aufgestellt, daß seine freie Oberfläche AD horizontal lag. Zum Messen der Druckhöhe diente das in der angeführten Abhandlung ebenfalls beschriebene Mikrometer RS, welches zu diesem Zwecke an einer quer über den Kasten weggehenden Latte befestigt war.

Um während des Ausflußversuches einen constanten Zufluß zu erhalten, wurde noch das Mariotte'sche Gefäß MK auf den Kasten gestellt, welches auf die bekannte Weise durch die mit einem besonderen Mundstück versehene Kropfröhre KLN mittels der angehangenen Röhre G Wasser in das Ausflußreservoir AC leitete. Die Ausflußmenge Q, welche durch die Mündung N dem letzteren zugeführt wurde, ist durch einen besonderen Versuch, wobei man das ausfließende Wasser eine gewisse Zeit lang in einem besonderen Aichgefäße auffing, bestimmt worden. Aus dem Querschnitt G_1 dieses Gefäßes und der Höhe s_1 der in der Zeit t_1 eingeflossenen Wasserschicht ergab sich die Ausflußmenge des Mariotte'schen Gefäßes bei einer gewissen Druckhöhe h_1: $Q = \frac{G_1 s_1}{t_1}$. Auch ließ sich hierbei durch Anwendung der Formel

$$\mu = \frac{Q}{F_1 \sqrt{2 g h_1}}$$

der Ausflußcoefficient μ des Mundstückes N in der Kropfröhre KLN aus dem Inhalt F_1 desselben berechnen. Bei dem Versuche über den Ausfluß durch die Ueberfälle I. und II. kam es natürlich darauf an, die Tiefe der unteren Mündungskante der Ausflußöffnung unter der Oberfläche WW des Wassers bei Beginn des Versuches, sowie die Senkung dieser Fläche während der Versuchszeit t zu ermitteln. Zu diesem Zwecke diente das Mikrometer, dessen Zeigerspitze S nicht allein vor und nach dem Versuche auf den Wasserspiegel WW, sondern auch auf die mittels einer Libelle horizontal und an die obere Kante E der Mündung EF angelegte Kante eines Lineales eingestellt wurde. Bezeichnet z_0 den Mikrometerstand, wenn die Spitze S im Niveau der oberen Mündungskante E steht, und sind z_1 und z_2 die Mikrometerstände, wenn die Spitze den Wasserspiegel zu Anfang und Ende des Versuches berührt, so hat man die Höhe des Wasserspiegels über der oberen Mündungskante, anfangs: $z_1 - z_0$, und am Ende: $z_2 - z_0$; ist daher noch a die Mündungshöhe, so lassen sich die Druckhöhen über der unteren Mündungskante setzen:

$$h = a + z_0 - z_1$$

$$\text{und} \quad h_1 = a + z_0 - z_2.$$

Bei den Ausflußversuchen mit constantem Zufluß aus dem Mariotte'schen Gefäße kam es natürlich noch darauf an, während der Versuchszeit t Wasser durch die Mündung N in den Ausflußkasten einströmen zu lassen.

§. 16. Zur Berechnung der Versuche über den Ausfluß des Wassers durch einen rectangulären Wandeinschnitt oder Ueberfall bei allmälig abnehmendem Wasserstande diente die Formel

$$\mu = \frac{3 G}{b t \sqrt{2g}} \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}} \right),$$

worin G den Querschnitt des Ausflußgefäßes, oder den Inhalt des sinkenden Wasserspiegels und b die Breite der Ausflußöffnung bezeichnet. S. des Verfassers „Ingenieur- und Maschinenmechanik", Bd. I, §. 450.

Da das ausfließende Wasser im inneren Aichgefäße vom Querschnitte G_1 aufgefangen und die Höhe s_1 desselben in diesem Gefäße gemessen wurde, so ließ sich auch G mittels der Formel $G = \frac{G_1 s_1}{h - h_1}$ und hiernach der gesuchte Ausflußcoefficient des Ueberfalles bestimmen, da

$$\frac{1}{h - h_1}\left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}}\right) = \frac{\sqrt{h} - \sqrt{h_1}}{(h - h_1)\sqrt{h h_1}} = \frac{1}{(\sqrt{h} + \sqrt{h_1})\sqrt{h h_1}}$$

und

$$\mu = \frac{3 G_1 s_1}{b t \sqrt{2 g h h_1}(\sqrt{h} + \sqrt{h_1})} \text{ ist.}$$

Bei einem Versuche floß in der Zeit $t = 60$ Secunden in das Aichgefäß vom Querschnitt $G_1 = 0{,}070225$ Qu.-Meter eine Wasserschicht von der Höhe $s_1 = 0{,}24293$ Meter durch einen Einschnitt in der dünnen Wand von der mittleren Breite $b = 0{,}01070$ Meter, wobei der Stand der auf die Oberfläche WW des Wassers eingestellten Mikrometerspitze von $z = 0{,}03070$ in $z_1 = 0{,}04896$ Meter überging. Die Mündungshöhe betrug $a = 0{,}08127$ Meter, und das Mikrometer zeigte $z_0 = 0{,}01656$ Meter, als dessen Spitze im Niveau der oberen Mündungskante stand. Hiernach war die anfängliche Druckhöhe:

$$h = 0{,}08127 + 0{,}01656 - 0{,}03070 = 0{,}06713,$$

sowie die am Ende des Versuches

$$h_1 = 0{,}08127 + 0{,}01656 - 0{,}04896 = 0{,}04887$$

und die ganze Senkung des Wasserspiegels:

$$s = h - h_1 = 0{,}01826 \text{ Meter.}$$

Setzt man diese Versuchswerthe in obige Formel ein, so erhält man den Ausflußcoefficienten des Wandeinschnittes von der angegebenen Breite:

$$\mu = \frac{3 \,.\, 0{,}017060}{0{,}642 \,.\, 4{,}4295 \,.\, 0{,}25910 \,.\, 0{,}22106 \,.\, 0{,}48016} = \frac{0{,}05118}{0{,}06212} = 0{,}65443.$$

§. 17. Nächstdem sind noch Versuche über den Ausfluß durch einen dreiseitigen Ueberfall mit nach unten gekehrter Spitze angestellt worden.

Die Ausflußmenge eines solchen Ueberfalles ist, wenn h die Höhe des Wasserspiegels über der Spitze der Mündung und b die Breite der letzteren im Niveau des Wasserspiegels bezeichnet (s. die „Ingenieur- und Maschinenmechanik", Band I, §. 402):

$$Q = \frac{4}{15} b h \sqrt{2 g h}.$$

Führt man unter der Voraussetzung, daß b und a Breite und Höhe der ganzen triangulären Mündung bezeichnen, statt h eine veränderliche Druckhöhe z, sowie statt b die entsprechende variable Breite $y = \frac{b}{a} z$ ein, und setzt man ein Ausflußgefäß von constantem Querschnitt G voraus, welches während der ganzen Ausflußzeit keinen Zufluß erhält, so kann man die während eines Zeitelementes dt ausgeflossene Wassermenge setzen:

$$-G dz = \frac{4}{15} y z \sqrt{2 g z} \,.\, dt = -\frac{4}{15}\frac{b}{a} z^2 \sqrt{2 g z} \,.\, dt, \text{ so daß nun}$$

$$dt = -\frac{15}{4} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{G}{\sqrt{2g}} z^{-5/2} dz, \text{ und}$$

$$t = -\frac{2}{3} \cdot \frac{15}{4}\frac{a}{b}\frac{G}{\sqrt{2g}} z^{-3/2} + \text{Const. folgt.}$$

Ist nun noch für $t = 0$, $z = h$, und am Ende der Zeit t: $z = h_1$, so hat man

$$t = \frac{5}{2}\frac{a}{b}\frac{G}{\sqrt{2g}}(h_1^{-3/2} - h^{-3/2}) = \frac{5 a G}{2 b \sqrt{2g}}\left(\frac{1}{\sqrt{h_1^3}} - \frac{1}{\sqrt{h^3}}\right),$$

oder wenn man einen Ausflußcoefficienten μ einführt,

$$t = \frac{5 a G}{2 \mu b \sqrt{2g}}\left(\frac{1}{\sqrt{h_1^3}} - \frac{1}{\sqrt{h^3}}\right).$$

Hat man nun die Ausflußzeit t beobachtet, so läßt sich hieraus der Ausflußcoefficient mittels der Formel

$$\mu = \frac{5 a G}{2 b t \sqrt{2g}}\left(\frac{1}{\sqrt{h_1^3}} - \frac{1}{\sqrt{h^3}}\right) \text{ berechnen.}$$

Hat man das Ausflußquantum $G(h - h_1) = G_1 s_1$ in einem Gefäße vom Querschnitte G_1 gemessen, so kann man $G = \frac{G_1 s_1}{h - h_1}$ und hiernach

$$\mu = \frac{5 a G_1 s_1}{2 b t \sqrt{2g}}\left(\frac{1}{h - h_1}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{h_1^3}} - \frac{1}{\sqrt{h^3}}\right) = \frac{5 a G_1 s_1}{2 b t \sqrt{2g}}\, \frac{\sqrt{h^3} - \sqrt{h_1^3}}{(h - h_1)\sqrt{(h h_1)^3}} = \frac{5 a G_1 s_1}{2 b t \sqrt{2g}} \,.\, \frac{h + \sqrt{h h_1} + h_1}{(\sqrt{h} + \sqrt{h_1})\sqrt{(h h_1)^3}} \text{ setzen.}$$

Bei den folgenden Versuchen kam ein triangulärer Ueberfall von der Breite $b = 4{,}12$ und der Höhe $a = 6{,}12$ Centimeter zur Anwendung; es war also hier

$$\frac{a}{b} = \frac{612}{412} = 1{,}4854, \text{ und } \frac{5 a}{2 b \sqrt{2g}} = 0{,}83838.$$

Der erste Versuch lieferte in der Zeit $t = 45$ Secunden die Wassermenge $G_1 s_1 = 0{,}070225 . 0{,}2081 = 0{,}014614$ Cubikmeter, wobei der Manometerstand bei Einstellung der Zeigerspitze in's Niveau der oberen Mündungskante: $z_0 = 2{,}625$ und bei der Berührung mit dem Wasserspiegel anfangs: $z_1 = 2{,}554$, dagegen am Ende: $z_2 = 4{,}140$ Centimeter betrug.

Es ist hiernach die Druckhöhe bei Beginn des Versuches:

$$h = a + z_0 - z_1 = 0{,}06120 + 0{,}02625 - 0{,}02554$$
$$= 0{,}06191 \text{ Meter, und die am Ende desselben:}$$
$$h_1 = a + z_0 - z_2 = 0{,}08745 - 0{,}04140 = 0{,}04605 \text{ Meter.}$$

Nun hat man noch $\sqrt{h} = 0{,}24882$, $\sqrt{h_1} = 0{,}21459$, sowie $\sqrt{h h_1} = 0{,}053395$ und $(\sqrt{h h_1})^3 = 0{,}00015223$, daher folgt der gesuchte Ausflußcoefficient:

$$\mu = 0{,}83838 . \frac{0{,}014614}{45} . \frac{h + \sqrt{h h_1} + h_1}{(\sqrt{h} + \sqrt{h_1})(\sqrt{h h_1})^3}$$
$$= \frac{0{,}00027227}{0{,}00015223} . \frac{0{,}16135}{0{,}46341} = 0{,}6227.$$

Beim zweiten Versuch war $t = 60$,

$$G_1 s_1 = 0{,}070225 . 0{,}1772 = 0{,}012444 \text{ Cubikmeter,}$$
$$z_0 = 2{,}625,\ z_1 = 3{,}596 \text{ und } z_2 = 4{,}917 \text{ Centimeter,}$$

folglich $h = 0{,}08745 - 0{,}03596 = 0{,}05149$ und
$h_1 = 0{,}08745 - 0{,}04917 = 0{,}03828$ Meter.

Hiernach ist

$\sqrt{h} = 0{,}22691$, $\sqrt{h_1} = 0{,}19565$, $\sqrt{h} + \sqrt{h_1} = 0{,}42256$, $\sqrt{h h_1} = 0{,}044396$, $h + \sqrt{h h_1} + h_1 = 0{,}13417$ und $(\sqrt{h h_1})^3 = 0{,}000087503$,

und es folgt der entsprechende Ausflußcoefficient

$$\mu = 0{,}83838 . \frac{0{,}012444}{60} . \frac{0{,}13417}{0{,}42256 . 0{,}000087503}$$
$$= 0{,}6310,$$

also größer als beim höheren Wasserstande, jedoch kleiner als beim schmalen rectangulären Wandeinschnitte.

§. 18. Wenn während des Ausflusses durch einen rectangulären Wandeinschnitt noch ein constanter Zufluß statt hat, so ist die Ausflußzeit durch die Formel

$$\text{I.}\quad t = \frac{G k}{3 Q}\left[\text{Log. nat.} \frac{(\sqrt{h} - \sqrt{k})^2 (h_1 + \sqrt{h_1 k} + k)}{(\sqrt{h_1} - \sqrt{k})^2 (h + \sqrt{h k} + k)} + \sqrt{12} . \text{arc}\left(\text{tang} = \frac{(\sqrt{h} - \sqrt{h_1})\sqrt{12 k}}{3k + (2\sqrt{h} + \sqrt{k})(2\sqrt{h_1} + \sqrt{k})}\right)\right]$$

zu berechnen, in welcher G der als constant anzusehende Querschnitt des Ausflußreservoirs, Q die constante Zuflußmenge p. sec., und $k = \left(\frac{Q}{\frac{2}{3}\mu b \sqrt{2g}}\right)^{\frac{2}{3}}$, diejenige Höhe des Wasserspiegels über der unteren Kante der Mündung bezeichnet, bei welcher die Zuflußmenge genau so groß ist als die Abflußmenge, und daher der Beharrungszustand eintritt. Je nachdem Q größer oder kleiner ist als $\frac{2}{3}\mu b \sqrt{2 g h^3}$, findet natürlich ein Steigen oder ein Fallen des Wasserspiegels im Ausflußkasten statt. S. des Verfassers „Ingenieur- u. Maschinenmechanik", Bd. I, §. 454.

Die Wassermenge, welche in der Zeit t durch den Ueberfall zum Ausfluß gelangt, ist

$$\text{II.}\quad V = G(h - h_1) + Q t$$
$$= G\left[h - h_1 + \frac{k}{3}\left(\text{Log. nat.} \frac{(\sqrt{h} - \sqrt{k})^2 (h_1 + \sqrt{h_1 k} + k)}{(\sqrt{h_1} - \sqrt{k})^2 (h + \sqrt{h k} + k)} + \sqrt{12} . \text{arc}\left(\text{tang} = \frac{(\sqrt{h} - \sqrt{h_1})\sqrt{12 k}}{3 k + (2\sqrt{h} + \sqrt{k})(2\sqrt{h_1} + \sqrt{k})}\right)\right)\right].$$

Ist Q sehr klein gegen $\frac{2}{3}\mu b \sqrt{2 g h^3}$, so kann man setzen:

$$\text{Log. nat.} \frac{(\sqrt{h} - \sqrt{k})^2 (h_1 + \sqrt{h_1 k} + k)}{(\sqrt{h_1} - \sqrt{k})^2 (h + \sqrt{h k} + k)}$$
$$= \text{Log. nat.}\left(\frac{h h_1 + (h\sqrt{h_1} - 2 h_1 \sqrt{h})\sqrt{k} + (h - 2\sqrt{h h_1} + h_1) k}{h h_1 + (h_1 \sqrt{h} - 2 h \sqrt{h_1})\sqrt{k} + (h_1 - 2\sqrt{h h_1} + h) k}\right)$$
$$= \text{Log. nat.}\left(\frac{1 + \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{2}{\sqrt{h}}\right)\sqrt{k} + \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}}\right)^2 k}{1 + \left(\frac{1}{\sqrt{h}} - \frac{2}{\sqrt{h_1}}\right)\sqrt{k} + \left(\frac{1}{\sqrt{h}} - \frac{1}{\sqrt{h_1}}\right)^2 k}\right)$$

$$= \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{2}{\sqrt{h}}\right)\sqrt{k} + \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}}\right)^2 k - \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{2}{\sqrt{h}}\right)^2 \frac{k}{2}$$

$$- \left(\frac{1}{\sqrt{h}} - \frac{2}{\sqrt{h_1}}\right)\sqrt{k} - \left(\frac{1}{\sqrt{h}} - \frac{1}{\sqrt{h_1}}\right)^2 k + \left(\frac{1}{\sqrt{h}} - \frac{2}{\sqrt{h_1}}\right)^2 \frac{k}{2}$$

$$= \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}}\right) 3\sqrt{k} + \left(\frac{1}{h_1} - \frac{1}{h}\right) 3k; \text{ sowie}$$

$$\sqrt{12} \,.\, \text{arc}\left(\text{tang} = \frac{(\sqrt{h} - \sqrt{h_1})\sqrt{12k}}{3k + (2\sqrt{h} + \sqrt{k})(2\sqrt{h_1} + \sqrt{k})}\right)$$

$$= \text{arc}\left(\text{tang} = \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}}\right)\left(1 - \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} + \frac{1}{\sqrt{h}}\right)\frac{\sqrt{k}}{2}\right) . 3\sqrt{k}\right)$$

$$= \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}}\right)\left(1 - \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} + \frac{1}{\sqrt{h}}\right)\frac{\sqrt{k}}{2}\right) . 3\sqrt{k}$$

$$= \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}}\right) 3\sqrt{k} - \left(\frac{1}{h_1} - \frac{1}{h}\right)\frac{3}{2}k;$$ und es folgt daher für diesen Fall die angenäherte Ausflußzeit:

$$t = \frac{Gk}{3Q}\left(\left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}}\right) 6\sqrt{k} + \left(\frac{1}{h_1} - \frac{1}{h}\right)\frac{3}{2}k\right)$$

$$= \frac{2Gk^{3/2}}{Q}\left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}}\right) + \left(\frac{1}{h_1} - \frac{1}{h}\right)\frac{k^{1/2}}{4}\Big), \text{ d. i.}$$

$$\text{III.} \quad t = \frac{3G}{\mu b\sqrt{2g}}\left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}}\right)\left(1 + \left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} + \frac{1}{\sqrt{h}}\right)\frac{\sqrt{k}}{4}\right).$$

z. B. für $k = 0$,

$$\text{IV.} \quad t = \frac{3G}{\mu b\sqrt{2g}}\left(\frac{1}{\sqrt{h_1}} - \frac{1}{\sqrt{h}}\right),$$ wie bekannt. (Siehe §. 15.)

§. 19. Für die gefundene Hauptformel I. ist folgender Versuch angestellt worden. Als Wandeinschnitt in den Ausflußkasten AC, Fig. 8, diente wieder die rectanguläre Mündung aus §. 16 von der Höhe $a = 8{,}127$ und der Breite $b = 1{,}07$ Centimeter, für welche der Ausflußcoefficient

$$\mu = 0{,}65443$$

gefunden worden ist.

Zur Einführung des Wassers aus dem Mariotte'schen Gefäße KM diente das conoidische Mundstück (Fig. 4, Tafel 8) von 1,002 Centimeter Weite, welches zu diesem Zwecke in das Ende N der Kropfröhre KLN eingesetzt worden war. Bei einem Vorversuche, wo das aus N ausfließende Wasser direct in dem Aichgefäße von 0,070225 Qu.-Meter Querschnitt aufgefangen wurde, betrug die Höhe der in der Zeit $t_1 = 120$ Secunden ausgeflossenen Wasserschicht $s_1 = 0{,}3093$ Meter, folglich war die Ausflußmenge p. sec.:

$$Q = \frac{G_1 s_1}{t_1} = \frac{0{,}070225 \,.\, 0{,}3093}{120}$$
$$= 0{,}000181005 \text{ Cubikmeter.}$$

Nun war die an einer gläsernen Wasserstandsröhre abgelesene Druckhöhe $h = 0{,}2990$ Meter, und der Inhalt der Ausmündung: $F = 0{,}7885$ Quadratcentimeter, daher ist der entsprechende Ausflußcoefficient:

$$\mu = \frac{Q}{F\sqrt{2gh}} = 0{,}94777.$$

Bei dem Hauptversuche, wobei das Wasser unter demselben Drucke und durch dieselbe Mündung dem Ausflußkasten mit dem Wandeinschnitt zugeführt wurde, war die Ausflußzeit $t = 130$ Secunden, die durch den Wandeinschnitt ausgeflossene Wassermenge $G_1 s = 0{,}070225 \,.\, 0{,}5381 = 0{,}03779$ Cubikmeter, der Mikrometerstand bei Einstellung der Zeigerspitze in das Niveau der oberen Mündungskante $z_0 = 1{,}656$ Centimeter, bei der auf die Oberfläche des Wassers am Anfang des Versuches $z_1 = 3{,}017$, und am Ende desselben $z_2 = 4{,}587$ Centimeter; folglich betrug die Druckhöhe am Anfange des Versuches:

$$h = a + z_0 - z_1$$
$$= 0{,}08127 + 0{,}01656 - 0{,}03017 = 0{,}06766 \text{ Meter,}$$

und die am Ende des Versuches:

$$h_1 = a + z_0 - z_2 = 0{,}09783 - 0{,}04587 = 0{,}05196 \text{ Meter.}$$

Zunächst ist die Druckhöhe, bei welcher Beharrungszustand im Zu- und Ausfluß stattfindet, durch die Formel

$$k = \left(\frac{3Q}{2\mu b \sqrt{2g}}\right)^{2/3}$$

zu berechnen.

Nun ist $\frac{3}{2}Q = 1{,}5 \,.\, 0{,}000181005 = 0{,}000271505$,

und $\mu b \sqrt{2g} = 0{,}65443 \,.\, 0{,}0107 \,.\, 4{,}4294 = 0{,}031016$,

daher folgt

$$k = \left(\frac{271{,}505}{31016}\right)^{2/3} = 0{,}042475; \text{ sowie}$$

$\sqrt{k} = 0{,}20609$.

Aus dem ersten Versuch, §. 16, beim Ausfluß durch denselben Wandeinschnitt ohne Zufluß folgt der Querschnitt des Ausflußgefäßes:

$$G = \frac{G_1 s_1}{h - h_1} = \frac{0{,}070225 \,.\, 0{,}24293}{0{,}01826} = 0{,}93427;$$

wenn man auch die Versuche am dreiseitigen Ueberfalle in Betracht zieht, so erhält man im Mittel

$G = 0{,}932567$ Quadratmeter.

Hieraus ergiebt sich nun der Factor

$$\frac{Gk}{3Q} = 72{,}944.$$

Ferner ist $\sqrt{h} - \sqrt{k} = 0{,}26011 - 0{,}20609 = 0{,}05402$,

$\sqrt{h_1} - \sqrt{k} = 0{,}22794 - 0{,}20609 = 0{,}02185$,

$h + \sqrt{hk} + k = 0{,}06766 + 0{,}05361 + 0{,}04247 = 0{,}16374$,

$h_1 + \sqrt{h_1 k} + k = 0{,}05196 + 0{,}04698 + 0{,}04247 = 0{,}14141$,

so daß nun $\text{Log. nat.} \dfrac{(\sqrt{h} - \sqrt{k})^2 (h_1 + \sqrt{h_1 k} + k)}{(\sqrt{h_1} - \sqrt{k})^2 (h + \sqrt{hk} + k)} = 2{,}30258 \,.\, 0{,}72253 = 1{,}6637$ folgt.

Ebenso ist $\sqrt{h} - \sqrt{h_1} = 0{,}03217$, $\sqrt{12k} = 0{,}71392$, $2\sqrt{h} + \sqrt{k} = 0{,}72631$, $2\sqrt{h_1} + \sqrt{k} = 0{,}66198$,

$3k + (2\sqrt{h} + \sqrt{k})(2\sqrt{h_1} + \sqrt{k}) = 0{,}12742 + 0{,}48081 = 0{,}60823$,

so daß nun $\text{arc.}\left(\text{tang.} = \dfrac{(\sqrt{h} - \sqrt{h_1})\sqrt{12k}}{3k + (2\sqrt{h} + \sqrt{k})(2\sqrt{h_1} + \sqrt{k})}\right)$

$= \text{arc.}\ (\text{log. tang.} = 0{,}57692 - 2) = \text{arc. } 2^0, 9', 43''$, und

$\sqrt{12} \,.\, \text{arc.}: 2^0, 9', 43'' = 3{,}4641 \,.\, 0{,}037733 = 0{,}1307$ folgt.

Endlich ist die gesuchte Ausflußzeit:

$$t = \frac{Gk}{3Q}\left(\text{Log. nat.} \frac{(\sqrt{h} - \sqrt{k})^2 (h_1 + \sqrt{h_1 k} + k)}{(\sqrt{h_1} - \sqrt{k})^2 (h + \sqrt{hk} + k)} + \text{arc.}\left(\text{tang.} = \frac{(\sqrt{h} - \sqrt{h_1})\sqrt{12k}}{3k + (2\sqrt{h} + \sqrt{k})(2\sqrt{h_1} + \sqrt{k})}\right)\right)$$

$= 72{,}944 \,.\, (1{,}6637 + 0{,}1307) = 72{,}944 \,.\, 1{,}7944 = 130{,}89$ Secunden,

während der Versuch $t = 130{,}0$ Secunden gab.

Die Ausflußmenge des Ueberfalles ist endlich

$$V = G(h - h_1) + Qt = 0{,}932567 \,.\, 0{,}01570 + 0{,}000181005 \,.\, 130$$
$$= 0{,}014641 + 0{,}023531 = 0{,}03817 \text{ Cubikmeter.}$$

Der Versuch gab aber $V = G_1 s = 0{,}03779$ Cubikmeter, also um 0,00038 Cubikmeter, d. i. 1 Procent weniger.

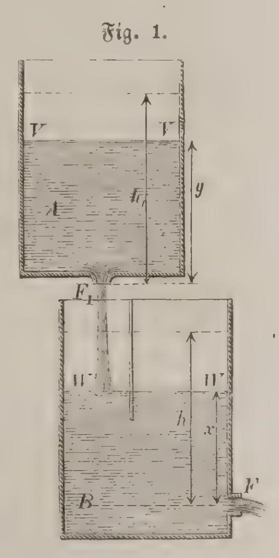
IV. Ausfluß des Wassers aus einem prismatischen Gefäße bei freiem Zufluß aus einem anderen prismatischen Gefäße.

§. 20. Wenn ein prismatisches Gefäß durch das aus einem andern prismatischen Gefäße fließende Wasser in der Art gespeist wird, daß die Ausmündung desselben stets über dem Wasser im ersteren Gefäße bleibt, also ein Zufluß in freier Luft stattfindet, so entsteht die Frage: in welcher Zeit steigt oder sinkt der Wasserspiegel im Ausflußgefäße um eine gewisse Tiefe oder Höhe und wie groß ist das in dieser Zeit ausgeflossene Wasserquantum? Bezeichnet G_1 den Inhalt des sinkenden Wasserspiegels VV im Zuflußgefäße A (s. Holzschnitt Fig. 1), so wie F_1 den Querschnitt der Ausflußöffnung und μ_1 den Ausflußcoefficienten derselben, so läßt sich die Zeit, innerhalb welcher die Druckhöhe des Wassers in derselben aus h_1 in y übergeht, setzen:

$$\text{I. } t = \frac{2G_1(\sqrt{h_1} - \sqrt{y})}{\mu_1 F_1 \sqrt{2g}},$$

und wenn die Druckhöhe y bestimmt ist, so läßt sich mit Hilfe dieser Formel auch die Ausflußzeit t leicht berechnen. Es kommt

Fig. 1.



daher bei Auflösung dieser Frage darauf an, diese Druckhöhe y zu ermitteln. Bezeichnen wir ebenso den Inhalt der sinkenden Oberfläche WW des Wassers im Ausflußgefäße B durch G, sowie den Inhalt der Ausflußmündung durch F und den Ausflußcoefficienten derselben durch μ, nehmen wir an, daß in diesem Gefäße während der Zeit t die Druckhöhe h auf x gesunken sei, und daß im Zeitelemente dt: x um dx, sowie y um dy abnehme. Dann haben wir

$$-G\,dx = (\mu F\sqrt{2gx} - \mu_1 F_1 \sqrt{2gy})\,dt \text{ und}$$

$$dt = -\frac{G_1\,dy}{\mu_1 F_1 \sqrt{2gy}}; \text{ daher auch}$$

$$G\,dx = (\mu F\sqrt{x} - \mu_1 F_1\sqrt{y}) \cdot \frac{G_1\,dy}{\mu_1 F_1 \sqrt{y}}, \text{ d. i.}$$

$$\mu_1 F_1 G\sqrt{y}\,dx = (\mu F G_1\sqrt{x} - \mu_1 F_1 G_1\sqrt{y})\,dy.$$

Bezeichnen wir nun zur Vereinfachung das Verhältniß $\frac{\mu F}{\mu_1 F_1}$ durch m, und das Verhältniß $\frac{G}{G_1}$ durch n, so erhalten wir einfach:

$$\text{II.} \quad n\sqrt{y}\,dx = (m\sqrt{x} - \sqrt{y})\,dy.$$

Um diesen Ausdruck integriren zu können, führen wir statt x die Hilfsgröße

$$u = \sqrt{\frac{x}{y}} \text{ ein,}$$

indem wir $x = u^2 y$ und $dx = u^2 dy + 2yudu$ setzen.

Es geht dann unsere Differenzialgleichung in folgende über:

$$n\sqrt{y}\,(u^2 dy + 2yudu) = (mu\sqrt{y} - \sqrt{y})\,dy, \text{ oder}$$

$$(nu^2 - mu + 1)\,dy = -2nyudu, \text{ so daß nun}$$

$$\frac{dy}{y} = -\frac{2\,nudu}{nu^2 - mu + 1} \text{ und}$$

$$\text{Log. nat. } y = -2n\int\frac{udu}{nu^2 - mu + 1} \text{ folgt.}$$

Giebt man u, so findet man mit Hilfe dieser Integralformel y, und hieraus wieder

$$x = u^2 y, \text{ sowie } t = \frac{2G_1(\sqrt{h_1} - \sqrt{y})}{\mu_1 F_1 \sqrt{2g}}$$

und das ganze Ausflußquantum

$$V = G(h - x) + G_1(h_1 - y).$$

§. 21. Es bleibt also nur die Formel $\frac{udu}{nu^2 - mu + 1}$ zu integriren übrig, um die vorgelegte Aufgabe als gelöst ansehen zu können. Zu diesem Zwecke hat man nun eine der bekannten Integralformeln

$$\int\frac{x\,dx}{a + bx + cx^2} = \frac{1}{2c}\text{ Log. nat. }(a + bx + cx^2) - \frac{b}{c\sqrt{k}}\text{ arc. }\left(\text{tang} = \frac{b + 2cx}{\sqrt{k}}\right), \text{ oder}$$

$$\int\frac{x\,dx}{a + bx + cx^2} = \frac{1}{2c}\text{ Log. nat. }(a + bx + cx^2) - \frac{b}{2c\sqrt{k}}\text{ Log. nat. }\left(\frac{b - \sqrt{-k} + 2cx}{b + \sqrt{-k} + 2cx}\right)$$

und zwar erstere für einen positiven und letztere für einen negativen Werth von

$$k = 4ac - b^2 \text{ in Anwendung zu bringen.}$$

In dem vorliegenden Fall ist $a = 1$, $b = -m$ und $c = n$, daher

$$k = 4n - m_2,$$

und folglich von der ersteren Formel Gebrauch zu machen, wenn

$$n > \frac{m^2}{4}, \text{ d. i. } \frac{G}{G_1} > \frac{1}{4}\left(\frac{\mu F}{\mu_1 F_1}\right)^2, \text{ und dagegen von der letzteren, wenn}$$

$$n < \frac{m^2}{4}, \text{ d. i. } \left(\frac{G}{G_1}\right) < \frac{1}{4}\left(\frac{\mu F}{\mu_1 F_1}\right)^2 \text{ ist.}$$

Die erste Formel giebt

$$\text{Log. nat. } y = -\text{Log. nat. }(nu^2 - mu + 1) - \frac{2m}{\sqrt{k}}\text{ arc. }\left(\text{tang} = \frac{2nu - m}{\sqrt{k}}\right) + \text{Const.}$$

Ist nun anfangs $x = h$ und $y = h_1$, foglich $u = \sqrt{\frac{h}{h_1}} = a$, so folgt

$$\text{Log. nat. } h_1 = -\text{Log. nat. }(na^2 - ma + 1) - \frac{2m}{\sqrt{k}}\text{ arc. }\left(\text{tang} = \frac{2na - m}{\sqrt{k}}\right) \text{ und daher}$$

$$\text{Log. nat. } y = \text{Log. nat. } h_1 + \text{Log. nat. }\left(\frac{1 - ma + na^2}{1 - mu + nu^2}\right)$$

$$+ \frac{2m}{\sqrt{k}}\left(\text{arc. }\left(\text{tang} = \frac{2na - m}{\sqrt{k}}\right) - \text{arc. }\left(\text{tang} = \frac{2nu - m}{\sqrt{k}}\right)\right), \text{ d. i.}$$

$$\text{III.}\quad \text{Log. nat. } y = \text{Log. nat. } \frac{(1-ma+na^2)\,h_1}{1-mu+nu^2} + \frac{2m}{\sqrt{k}} \text{ arc}\left(\text{tang} = \frac{2n\,(a-u)\sqrt{k}}{k+(2na-m)\,(2nu-m)}\right).$$

Für den zweiten Fall, wenn $n < \frac{m^2}{4}$ ist und sich daher $k = m^2 - 4n$ setzen läßt, hat man

$$\text{Log. nat. } y = -\text{Log. nat. } (1-mu+nu^2) - \frac{m}{\sqrt{k}} \text{ Log. nat.} \left(\frac{2nu-m-\sqrt{k}}{2nu-m+\sqrt{k}}\right) + \text{Const.}$$

Ist nun wieder anfangs $x = h$ und $y = h_1$, sowie $u = \sqrt{\frac{h}{h_1}} = a$, so folgt auch

$$\text{Log. nat. } h_1 = -\text{Log. nat. } (1-ma+na^2) - \frac{m}{\sqrt{k}} \text{ Log} \left(\frac{2na-m-\sqrt{k}}{2na-m+\sqrt{k}}\right) + \text{Const.},$$

und da überdies der natürliche Logarithme dem gemeinen Logarithmen (Log.) proportional ist:

$$\text{Log } y = \text{Log } h_1 + \text{Log} \left(\frac{1-ma+na^2}{1-mu+nu^2}\right) + \frac{m}{\sqrt{k}} \text{ Log} \left(\frac{2na-m-\sqrt{k}}{2na-m+\sqrt{k}} \cdot \frac{2nu-m+\sqrt{k}}{2nu-m-\sqrt{k}}\right), \text{ d. i.}$$

$$\text{IV.}\quad y = h_1 \left(\frac{1-ma+na^2}{1-mu+nu^2}\right) \left(\frac{2na-m-\sqrt{k}}{2na-m+\sqrt{k}} \cdot \frac{2nu-m+\sqrt{k}}{2nu-m-\sqrt{k}}\right)^{\frac{m}{\sqrt{k}}}.$$

Ist k sehr klein, so läßt sich setzen:

$$\frac{2m}{\sqrt{k}} \text{ arc} \left(\text{tang} = \frac{2n\,(a-u)\sqrt{k}}{k+(2na-m)\,(2nu-m)}\right) = \frac{4mn\,(a-u)}{k+(2na-m)\,(2nu-m)}$$

und so ist daher nach Formel III. für $k = 0$,

$$\text{Log. nat. } y = \text{Log. nat. } h_1 + \text{Log. nat.} \left(\frac{1-ma+na^2}{1-mu+nu^2}\right) + \frac{4mn\,(a-u)}{(2na-m)\,(2nu-m)}.$$

Ebenso hat man für einen kleinen Werth von k:

$$\frac{m}{\sqrt{k}} \text{ Log. nat. } \left(\frac{2na-m-\sqrt{k}}{2na-m+\sqrt{k}}\right) \left(\frac{2nu-m+\sqrt{k}}{2nu-m-\sqrt{k}}\right)$$

$$= \frac{m}{\sqrt{k}} \text{ Log. nat. } \left(1-\frac{2\sqrt{k}}{2na-m+\sqrt{k}}\right) \left(1-\frac{2\sqrt{k}}{2nu-m-\sqrt{k}}\right)$$

$$= \frac{m}{\sqrt{k}} \left(-\frac{2\sqrt{k}}{2na-m+\sqrt{k}} + \frac{2\sqrt{k}}{2nu-m-\sqrt{k}}\right) = 2\left(\frac{1}{2nu-n-\sqrt{k}} - \frac{1}{2na-n+\sqrt{k}}\right),$$

und es ist daher für $k = 0$, nach Formel IV.:

$$\text{V.}\quad \text{Log. nat. } y = \text{Log. nat. } h_1 + \text{Log. nat. } \left(\frac{1-ma+na^2}{1-mu+nu^2}\right) + \frac{4mn\,(a-u)}{(2na-m)\,(2nu-m)},$$

genau wie nach Formel I.

Ist y Null geworden, so kann man nach III.

$$\text{Log. nat. } y = \text{Log. nat. } \frac{(1-ma+na^2)\,h_1 y}{y-m\sqrt{xy}+nx} + \frac{2m}{\sqrt{k}} \text{ arc}\left(\text{tang} = \frac{2n\,(a\sqrt{y}-\sqrt{x})\sqrt{k}}{k\sqrt{y}+(2na-m)\,(2n\sqrt{x}-m\sqrt{y})}\right)$$

setzen, wonach

$$0 = \text{Log. nat. } \frac{(1-ma+na^2)\,h_1}{nx} + \frac{2m}{\sqrt{k}} \text{arc}\left(\text{tang} = -\frac{2n\sqrt{kx}}{(2na-m)\,2n\sqrt{x}}\right) \text{ und schlüßlich}$$

$$\text{VI.}\quad \text{Log. nat. } x = \text{Log. nat. } \frac{(1-ma+na^2)\,h_1}{n} - \frac{2m}{\sqrt{k}} \text{ arc} \left(\text{tang} = \frac{\sqrt{k}}{2na-m}\right) \text{ folgt.}$$

Ebenso ist dann nach Formel IV.:

$$\text{Log. nat. } y = \text{Log. nat. } \frac{(1-ma+na^2)\,h_1 y}{y-m\sqrt{xy}+nx} + \frac{m}{\sqrt{k}} \text{Log. nat.} \left(\frac{2na-m-\sqrt{k}}{2na-m+\sqrt{k}} \cdot \frac{2n\sqrt{x}-(m-\sqrt{k})\sqrt{y}}{2n\sqrt{x}-(m+\sqrt{k})\sqrt{y}}\right),$$

wonach dann

$$0 = \text{Log. nat. } \frac{(1-ma+na^2)\,h_1}{nx} + \frac{m}{\sqrt{k}} \text{ Log. nat. } \left(\frac{2na-m-\sqrt{k}}{2na-m+\sqrt{k}}\right), \text{ und}$$

$$\text{Log. nat. } x = \text{Log. nat. } \frac{(1 - ma + na^2)\, h_1}{nx} + \frac{m}{\sqrt{k}} \text{ Log. nat. } \left(\frac{2na - m - \sqrt{k}}{2na - m + \sqrt{k}}\right), \text{ oder}$$

$$\text{VII.} \qquad x = h_1 \frac{(1 - ma + na^2)}{n} \left(\frac{2na - m - \sqrt{k}}{2na - m + \sqrt{k}}\right)^{\frac{m}{\sqrt{k}}} \text{ folgt.}$$

Wenn also der Zufluß des Wassers aufhört, so hat die Druckhöhe des Wassers im Ausflußgefäße die durch eine der beiden letzten Formeln zu berechnende Größe x erreicht, wofern beide Spiegelflächen während des Ausflusses constant bleiben.

Sollen sich beide Gefäße zugleich leeren, so muß noch $x = 0$ sein, welches bedingt, daß entweder $1 - ma + na^2$ oder $2na - m - \sqrt{k} =$ Null ausfalle. Da $k = m^2 - 4n$ ist, so läßt sich die letztere Gleichung auch $(2na - m)^2 = m^2 - 4n$, oder $4n^2a^2 - 4mna + 4n = 0$, d. i. $na^2 - ma + 1 = 0$ setzen, und stimmt dann genau mit der ersteren überein.

Uebrigens fordern die Hauptformeln III. und IV., daß mit

$$1 - ma + na^2 = \text{Null, auch}$$
$$1 - mu + nu^2 = \text{Null,}$$

also $u = a$ sei, daß also während des ganzen Ausflusses $\frac{x}{y} = \frac{h}{h_1}$ ausfalle, d. i. daß die Druckhöhen x und y in beiden Gefäßen in einem constanten Verhältniß zu einander stehen.

Auch läßt sich hieraus ersehen, daß die Anwendung der gefundenen Hauptformeln III. und IV. keine hinreichende Genauigkeit gewährt, wenn $1 - ma + na^2$ eine kleine Größe ist.

§. 22. In der Praxis möchte der Fall selten vorkommen, daß das Verhältniß $u^2 = \frac{x}{y}$ zwischen den Druckhöhen x und y gegeben ist, und hieraus diese Höhen selbst durch Rechnung zu bestimmen sind; gewöhnlich kommt es darauf an, aus der einen dieser Druckhöhen die andere zu berechnen, wobei die hier gefundenen Formeln keine Anwendung finden. Für diese praktischen Fälle ist es nöthig, den Weg der Annäherung einzuschlagen. Jedenfalls hat man es hier mit der Berechnung einer der Größen x, y und t aus den übrigen zu thun. Ist y gegeben, so findet man mit Hilfe der Formel I. zunächst t, und es bleibt dann nur die Druckhöhe x zu bestimmen übrig; kennt man dagegen t, so muß man erst die Druckhöhe y mittels der aus Gleichung I. hervorgegangenen Formel

$$\text{VIII.} \qquad y = \left(\sqrt{h_1} - \frac{\mu_1 F_1 t \sqrt{2g}}{2 G_1}\right)^2$$

berechnen, woraus sich dann x wie im ersten Falle bestimmen läßt. Im dritten Falle, wenn x gegeben ist, muß man erst y bestimmen, und hieraus nach I. die Zeit t. In jedem Falle ist von der Gleichung II.:

$$n\sqrt{y}\, dx = (m\sqrt{x} - \sqrt{y})\, dy$$

Gebrauch zu machen.

Während die Druckhöhe x in $x - dx$ übergeht, ändert sich die Druckhöhe y in $y - dy$ um, und es ist in dem einen Falle die mittlere Druckhöhe $x_1 = x - \frac{1}{2}dx$, sowie im anderen $y_1 = y - \frac{1}{2}dy$. Giebt man nun y und dy, folglich auch y_1, so setze man in obige Formel statt y den Mittelwerth y_1, und statt x das Mittel $x_1 = x - \frac{1}{2}dx$, insbesondere aber noch $\sqrt{x_1} = \sqrt{x} - \frac{1}{4}\frac{dx}{\sqrt{x}}$ ein. Es folgt dann:

$$n\sqrt{y_1}\, dx = (m\sqrt{x} - \sqrt{y_1})\, dy - \frac{m\, dx\, dy}{4\sqrt{x}},$$

und daher

$$\text{IX.} \qquad dx = \frac{(m\sqrt{x} - \sqrt{y_1})\, dy}{n\sqrt{y_1} + \frac{m\, dy}{4\sqrt{x}}}.$$

Hat man auf diese Weise dx bestimmt, so führt man für y und x die neuen Werthe $y - dy$ und $x - dx$ ein, und wiederholt so die Anwendung der Formel, bis man auf den untersten Werth von y kommt und so durch successives Abziehen der Werthe von dx auch auf den gesuchten letzten Werth von x stößt. Sind h_1 und y die Grenzwerthe der Druckhöhe im Zuflußreservoir, so kann man einfach $dy = \frac{h_1 - y}{\nu}$ setzen, also $h_1 - y$ aus ν Theilen, jeder von der Größe dy bestehend, ansehen. Natürlich ist dy stets positiv anzunehmen, weil der Wasserspiegel im Zuflußreservoir nur sinken kann; dagegen kann auch dx negativ sein, also der Wasserspiegel im Ausflußreservoir fallen, nämlich dann, wenn

$$m\sqrt{x} > \sqrt{y}, \text{ oder wenn } \sqrt{\frac{y}{x}} < m \text{ ist.}$$

Ist die Senkung im Ausflußgefäße, also x und dx bekannt, so muß man

$$\sqrt{y_1} = \sqrt{y - \frac{1}{2}dy} = \sqrt{y} - \frac{dy}{4\sqrt{y}}$$

setzen, so daß $n\sqrt{y_1}\, dx = (m\sqrt{x_1} - \sqrt{y_1})\, dy$ in:

$$\left(n\sqrt{y} - \frac{n\, dy}{4\sqrt{y}}\right) dx = \left(m\sqrt{x_1} - \sqrt{y} + \frac{dy}{4\sqrt{y}}\right) dy$$

übergeht, und nun weiter folgt:

X. $$dy = \frac{n\sqrt{y}\,dx}{m\sqrt{x_1} - \sqrt{y} + \frac{nm\sqrt{x}\,dx}{4(m\sqrt{x}-\sqrt{y})\sqrt{y}}}.$$

Sind die Grenzwerthe der Druckhöhen im Ausflußgefäße h und x, so hat man

$$dx = \frac{h-x}{\nu} \text{ und } x_1 = h - \frac{h-x}{2\nu}$$

zu setzen.

Mit Hilfe dieser Formel kann man nun die den Druckhöhen h, $h-\frac{1}{2}dx$, $h-\frac{3}{2}dx$, $h-\frac{5}{2}dx$ u. s. w. entsprechenden Werthe von dy, und daher auch durch successives Subtrahiren dieser Werthe von der anfänglichen Druckhöhe h_1, die gesuchte kleinste Druckhöhe im Zuflußreservoir bestimmen.

§. 23. Zu den Versuchen, welche über das im Vorstehenden behandelte Ausflußgesetz angestellt worden sind, hat die in Fig. 9 abgebildete Zusammenstellung des hydraulischen Ausflußapparates gedient. Die wenigstens nahe cylindrisch geformte offene Vorlage KOP, aus welcher das Wasser dem Hauptausflußreservoir WAB zugeführt wurde, stand auf einem festen Holzgestell neben und erhöht über dem letzteren. Der Zufluß erfolgte mittels der Röhre KLN und durch das Mundstück N, während der Ausfluß durch andere in A oder B eingesetzte Mundstücke vor sich ging. Der Stand des Wassers im Zuflußgefäße wurde vor und nach dem Versuche mittels des Zeigerstabes PZ durch Einstellen auf den Wasserspiegel OO desselben gemessen. Wenn es möglich war, ließ man bei jedem Versuche den Wasserspiegel WW im Ausflußgefäße von einer der festen Spitzen Z_1 und Z_2 zur anderen sinken oder steigen. Außerdem war es nöthig, den Stand dieser Oberfläche mittels eines anderen Zeigerstabes besonders auszumitteln. Der zur Berechnung eines Versuches nöthige Ausflußcoefficient μ der Ausflußmündungen in A oder B war aus vorausgegangenen Versuchen bekannt; der Ausflußcoefficient der Zuflußmündung N ließ sich aber aus dem Querschnitt G_1 und den Druckhöhen h_1 und y am Anfang und am Ende des Versuches mittels der bekannten Formel

$$\mu_1 = \frac{2G_1(\sqrt{h_1}-\sqrt{y})}{F_1 t\sqrt{2g}} \text{ berechnen.}$$

Da man auch die Druckhöhen h und x des aus dem Hauptreservoir ausfließenden Wassers gemessen hat, so kann man natürlich durch einen solchen Versuch die Uebereinstimmung der im Obigen gefundenen theoretischen Formeln mit der Erfahrung erproben. Wenn $m\sqrt{h} > \sqrt{h_1}$, d. i. $\mu F\sqrt{h} > \mu_1 F_1\sqrt{h_1}$, so nimmt natürlich x mit y gleichzeitig ab; ist aber $\mu F\sqrt{h} < \mu_1 F_1\sqrt{h_1}$, so wächst natürlich anfangs die Druckhöhe und Geschwindigkeit des aus dem Hauptreservoir ausfließenden Wassers. Es hat jedoch dieses Wachsen ein Ende und es tritt das Maximum des Wasserstandes x im Hauptreservoir ein, wenn $\frac{dx}{dy} =$ Null, wenn also $m\sqrt{x} = \sqrt{y}$, d. i. wenn $u = \frac{1}{m} = \frac{\mu_1 F_1}{\mu F}$ ist. Setzt man diesen Werth für u in den Ausdruck III. oder IV. in §. 21 für Log. nat. y ein, so erhält man dadurch die Druckhöhe y im Zuflußreservoir, wobei das Steigen des Wasserspiegels WW im Hauptreservoir aufhört und die Druckhöhe in demselben den Maximalwerth $x = u^2 y = \frac{y}{m^2}$ erreicht hat.

Der Querschnitt des Ausflußgefäßes ist natürlich um den Wandquerschnitt der eingehangenen Röhre vermindert und hat deshalb nur die Größe $G = 0{,}12516 - 0{,}00018 = 0{,}12498$ Quadratmeter.

§. 24. Bei einem Versuche über das im Vorstehenden abgehandelte Ausflußverhältniß sank in der Zeit $t = 202{,}25$ Secunden der Wasserspiegel WW im Hauptausflußreservoir BW von der obersten Spitze Z_1 bis zur untersten Z_2, also um $s = 0{,}1200$ Meter, während das Wasser durch die im mittleren Loche sitzende Kreismündung F in der dünnen Wand von 1,01 Centimeter ausfloß und oben durch die gleichfalls in der dünnen Wand befindliche Kreismündung F_1 von 0,741 Centimeter Weite aus der oben offenen Vorlage KOP zufloß. Die anfängliche Druckhöhe im Ausflußgefäße war $h = 0{,}4694$ und die im Zuflußgefäße $h = 0{,}4505$ Meter, folglich die Hilfsgröße

$$a = \sqrt{\frac{h}{h_1}} = \sqrt{\frac{0{,}4694}{0{,}4505}} = 1{,}0208.$$

Am Ende des Versuches war h in $x = 0{,}3494$ und h_1 in $y = 0{,}2431$ übergegangen, folglich fiel

$$u = \sqrt{\frac{x}{y}} = \sqrt{\frac{0{,}3494}{0{,}2431}} = 1{,}1989 \text{ aus.}$$

Der Querschnitt des Ausflußgefäßes war $G = 0{,}12498$, und der des Zuflußgefäßes: $G_1 = 0{,}070676$ Quadratmeter, folglich betrug das Verhältniß $n = \frac{G}{G_1} = 1{,}7683$. Der Inhalt der Ausflußmündung F war $= 0{,}8012$ Quadratcentimeter, und der Ausflußcoefficient derselben $\mu = 0{,}64814$, folglich ist $\mu F = 0{,}51929$. Für den Ausflußcoefficienten μ_1 der Zuflußmündung ist:

$$\mu_1 F_1 = \frac{2G_1(\sqrt{h_1}-\sqrt{y})}{t\sqrt{2g}} = \frac{1413{,}52 \,.\, 0{,}17814}{202{,}25 \,.\, 4{,}4294}$$
$$= 0{,}28109, \text{ wonach nun}$$

$$m = \frac{\mu F}{\mu_1 F_1} = \frac{0{,}51929}{0{,}28109} = 1{,}84745 \text{ folgt.}$$

Da hier

$$k = 4n - m^2 = 7{,}0732 - 3{,}4128 = 3{,}6604$$

positiv ist, so hat man zur Berechnung des Versuches die Formel III. in §. 21 zur Anwendung zu bringen. Es ist hiernach

$$\text{Log}\, y = \text{Log}\, \frac{(1 - ma + na^2)\, h_1}{1 - mu + nu^2} + 0{,}43429 \,.\, \frac{2m}{\sqrt{k}} \text{ arc} \left(\text{tang} = \frac{2n\,(a-u)\sqrt{k}}{k + (2na - m)\,(2nu - m)}\right) \text{ zu setzen.}$$

Nun hat man $\text{Log}\, h_1 = \text{Log}\, 0{,}4505 = 0{,}65369 - 1$,

$\text{Log}\,(1 - ma + na^2) = \text{Log}\,(1{,}8858 + 1{,}8425) = \text{Log}\, 0{,}9567 = 0{,}98078 - 1$, und

$\text{Log}\,(1 - mu + nu^2) = \text{Log}\,(1 - 2{,}2148 + 2{,}5416) = \text{Log}\, 1{,}3268 = 0{,}12280$; ferner

$\text{Log}\, 2n\,(u-a)\sqrt{k} = 0{,}08101$, und $k + (2na - m)\,(2nu - m) = 3{,}6604 + 1{,}7627 \,.\, 2{,}3926 = 7{,}8779$,

so daß sich nun

$$\text{Log}\, \frac{2n\,(u-a)\sqrt{k}}{k + (2na - m)\,(2nu - m)} = 0{,}08101 - \text{Log}\, 7{,}8779 = 0{,}08101 - 0{,}89641 = 0{,}18460 - 1,$$

$$\text{arc}\left(\text{tg.} = \frac{2n\,(u-a)\sqrt{k}}{k + (2na - m)\,(2nu - m)}\right) = -\text{arc}\left(\text{tg.} = \frac{2n\,(a-u)\sqrt{k}}{k + (2na - m)\,(2nu - m)}\right)$$

$$= \text{arc}\,(\text{Log. tang} = 9{,}18460) = \text{arc}\; 8^0,\, 41',\, 50'' = 0{,}15180,$$

und $0{,}43429 \,.\, \frac{2m}{\sqrt{k}} = \frac{0{,}43429 \,.\, 3{,}6949}{1{,}9132} = 0{,}8369$ ergiebt; es folgt daher schließlich

$$\text{Log}\, y = 0{,}65369 - 1 + 0{,}98078 - 1 - 0{,}12280 - 0{,}1518 \,.\, 0{,}8389$$
$$= 0{,}51167 - 1 - 0{,}12735 = 0{,}38432 - 1, \text{ und}$$

$y = 0{,}2423$ Meter, sowie $x = u^2 y = 0{,}3482$ Meter.

Die Abweichung von dem Versuche ist bei y: $0{,}2431 - 0{,}2423 = 0{,}0008$, und
bei x: $0{,}3494 - 0{,}3482 = 0{,}0012$ Meter, also unbedeutend.

Die Druckhöhe $x = h_0$ des Wassers im Ausflußgefäße, in dem Augenblicke, wenn das Wasser in dem Zuflußgefäße ganz abgelaufen ist, ergiebt sich nach Formel VI.:

$$\text{Log}\, x = \text{Log}\, \frac{(1 - ma + na^2)\, h_1}{n} - 0{,}43429 \,.\, \frac{2m}{\sqrt{k}} \text{ arc}\left(\text{tang} = \frac{\sqrt{k}}{2na - m}\right),$$

Da $\text{Log}\,(1 - ma + na^2) = 0{,}98078 - 1$, $\text{Log}\, h_1 = 0{,}65369 - 1$, $\text{Log}\, n = 0{,}24756$,

$$0{,}43429 \,.\, \frac{2m}{\sqrt{k}} = 0{,}83873, \text{ und}$$

$$\text{arc}\left(\text{tang} = \frac{\sqrt{k}}{2na - m}\right) = \text{arc}\,(\text{tang} = 1{,}0854) = \text{arc}:\; 47^0,\, 20',\, 40'' = 0{,}82631, \text{ so folgt}$$

$\text{Log}\, x = 0{,}38691 - 1 - 0{,}83873 \,.\, 0{,}82631 = 0{,}38691 - 1 - 0{,}69305 = 0{,}69386 - 2$, und

$x = h_0 = 0{,}04942$ Meter,

wobei jedoch noch vorausgesetzt wird, daß der Querschnitt des Ausflußgefäßes unveränderlich G ist.

§. 25. Auf dem Wege der Näherung ist die Berechnung des Versuches mittels der Formel IX. in §. 22 folgende.

Die Druckhöhe im Zuflußgefäße geht während des Ausflusses aus $h_1 = 0{,}4505$ in $y = 0{,}2431$ über, nimmt also allmälig um $0{,}2074$ Meter ab. Denken wir uns nun das aus demselben abgeflossene Wasserquantum aus vier Schichten, jede von der Höhe $dy = \frac{0{,}2074}{4} = 0{,}05185$ Meter bestehend, und nehmen wir an, daß dieselbe unter den Druckhöhen

$$y_1 = 0{,}4505 - \tfrac{1}{2} \,.\, 0{,}05185 = 0{,}4505 - 0{,}0259 = 0{,}4246,$$
$$y_2 = 0{,}4246 - 0{,}0519 = 0{,}3727,$$
$$y_3 = 0{,}3727 - 0{,}0518 = 0{,}3209 \text{ und}$$
$$y_4 = 0{,}3209 - 0{,}0519 = 0{,}2690 \text{ Meter}$$

ausgeflossen sind. Berechnet man hiernach die entsprechenden Werthe von $\sqrt{y}$, $n\sqrt{y}$, sowie nach und nach die Werthe von x, nämlich $x_1 = h$, $x_2 = h - dx$, $x_3 = x_2 - dx_2$, $x_4 = x_3 - dx_3$ u. s. w., ferner die zugehörigen Werthe von $m\sqrt{x}$, $\frac{m\,dy}{4\sqrt{x}}$ und

$$dx = \frac{(m\sqrt{x} - \sqrt{y})\, dy}{n\sqrt{y} - \frac{m\,dy}{4\sqrt{x}}},$$

so läßt sich folgende Tabelle zusammenstellen, welche schließlich in der Columne unter x den gesuchten Werth dieser Druckhöhe angiebt (siehe flgde. Seite).

Hiernach ist die Druckhöhe x im Ausflußgefäße nach und nach von $0{,}4694$ Meter auf $0{,}3490$ Meter gesunken, während sich die Druckhöhe y im Zuflußgefäße von $0{,}4505$ Meter in $0{,}2431$ Meter umgeändert hat. Die Beobachtung gab den Endwerth von x, $= 0{,}3494$ Meter, also nur um $0{,}3494 - 0{,}3490 = 0{,}0004$ Meter $= 0{,}4$ Millimeter größer.

y	$\sqrt{y}$	$n\sqrt{y}$	x	$m\sqrt{x}$	$\frac{m\,dy}{4\sqrt{x}}$	dx
(0,4505)						
0,4246	0,6516	1,1523	0,4694	1,2657	0,0349	0,0269
0,3727	0,6105	1,0795	0,4425	1,2289	0,0360	0,0287
0,3209	0,5665	1,0180	0,4138	1,1884	0,0372	0,0309
0,2690	0,5187	0,9172	0,3829	1,1432	0,0387	0,0339
(0,2431)			0,3490			

Um endlich noch denjenigen Werth von x zu finden, bei welchem $y = 0$ ist, also der Zufluß ganz aufhört, ist die vorstehende tabellarische Rechnung noch weiter fortzuführen. Da jedoch hier die Druckhöhen y und x bald sehr klein ausfallen, ist es nöthig, kleinere Differenzen anzunehmen, und die mittleren Werthe von $\sqrt{y_m}$ nach der genaueren Formel

$$\sqrt{y_m} = \frac{\sqrt{y_1} + \sqrt{y_2}}{2}$$

zu berechnen. Nehmen wir 8 Wasserschichten an, welche nach und nach aus dem Zuflußgefäße ausfließen, bis dasselbe ganz leer ist, wobei also y nach und nach aus 0,2431 Meter in Null übergeht, so erhalten wir $dy = \frac{0{,}2431}{8} = 0{,}03039$, und hiernach folgende Werthe von y: 0,24310; 0,21271; 0,18232 u. s. w. und folgende Mittelwerthe für $\sqrt{y_m}$:

$$\frac{\sqrt{0{,}24310} + \sqrt{0{,}21271}}{2} = 0{,}15088,$$

$$\frac{\sqrt{0{,}21271} + \sqrt{0{,}18232}}{2} = 0{,}14844$$

u. s. w. Diese Werthe, sowie die hieraus berechneten Werthe von $m\sqrt{y_m}$, x, $m\sqrt{x}$, $\frac{m\,dy}{4\sqrt{x}}$ und dx sind in der folgenden Tabelle enthalten, welche schließlich in der vierten Columne den gesuchten Werth von x, welcher $y = 0$ entspricht, 0,0481 Meter angiebt.

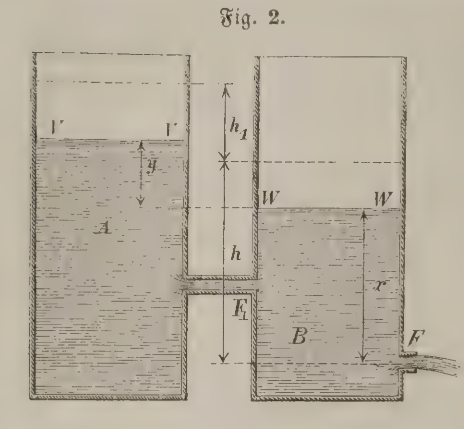
y	$\sqrt{y}$	$n\sqrt{y}$	x	$m\sqrt{x}$	$\frac{m\,dy}{4\sqrt{x}}$	dx
0,24310	0,47712	0,84371	0,3490	1,0914	0,02376	0,02152
0,21271	0,44409	0,78529	0,3275	1,0573	0,02452	0,02301
0,18232	0,40840	0,72219	0,3045	1,0195	0,02544	0,02484
0,15193	0,36922	0,65291	0,2797	0,9770	0,02654	0,02719
0,12154	0,32527	0,57518	0,2525	0,9283	0,02793	0,03039
0,09115	0,27420	0,48488	0,2221	0,8707	0,02978	0,03522
0,06076	0,21038	0,37202	0,1869	0,7987	0,03247	0,04420
0,03037	0,13744	0,24304	0,1427	0,6979	0,02476	0,04238
0,01012	0,05030	0,08895	0,1003	0,5851	0,01476	0,05219
0,0000			0,0481			

Damit die Differenz dx nicht zu groß ausfalle und eine größere Genauigkeit erhalten werde, ist zwischen $y = 0{,}03037$ und $y = 0{,}0000$ noch die Druckhöhe $y = 0{,}01012$ eingeschaltet und dadurch die letzte Wasserschicht in eine Schicht von $dy = 0{,}02024$ Met. und in eine andere von $dy = 0{,}01012$ Met. Höhe getheilt worden. Jedenfalls ist die gefundene Druckhöhe $x = 0{,}0481$ Meter noch etwas zu klein, da sie nach der obigen genauen Rechnung, 0,0494 Meter betragen müßte; um noch mehr Genauigkeit zu erlangen, hätte man daher die Anzahl der Wasserschichten noch etwas vergrößern müssen.

Ausfluß des Wassers aus einem prismatischen Gefäße beim Zufluß unter Wasser aus einem anderen prismatischen Behälter.

§. 26. Ein anderes Ausflußverhältniß findet dann statt, wenn das Ausflußgefäß B, Fig. 2 (siehe flgde. Seite), aus einem anderen Gefäße A so gespeist wird, daß die Zuflußmündung F_1 unter dem Wasserspiegel WW des Ausflußgefäßes einmündet. Es können hierbei zwei verschiedene Fälle vorkommen; entweder ist der Querschnitt des Zuflußgefäßes ein unendlich großer, wobei der Wasserspiegel VV in demselben einen unveränderlichen Stand behält,

Fig. 2.



oder es ist derselbe von einer endlichen Größe, wobei die Oberfläche des Wassers in demselben während des Ausflusses allmälig immer mehr und mehr sinkt. Für den ersten Fall hat der Verfasser bereits eine Formel zur Bestimmung der, einer gegebenen Senkung des Wassers im Ausflußgefäße entsprechenden, Ausflußzeit t in der Abhandlung „die verschiedenen Methoden der Versuche über den Ausfluß des Wassers unter constantem Drucke" im Band X. des Civilingenieurs entwickelt.

Es ist hier die Formel

$$t = \frac{G}{((\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2)\sqrt{2g}} \times \left\{ \begin{array}{l} \mu F \left[2(\sqrt{h} - \sqrt{x}) + \sqrt{k} \text{ Log. nat. } \left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{k}}{\sqrt{h} + \sqrt{k}} \cdot \frac{\sqrt{x} + \sqrt{k}}{\sqrt{x} - \sqrt{k}}\right)\right] \\ + \mu_1 F_1 \left[2(\sqrt{h_1} - \sqrt{y}) + \sqrt{k_1} \text{ Log. nat. } \left(\frac{\sqrt{h_1} - \sqrt{k_1}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{k_1}} \cdot \frac{\sqrt{y} + \sqrt{k}}{\sqrt{y} - \sqrt{k}}\right)\right] \end{array} \right\},$$

in welcher sich μF, G, h und x auf das Ausflußgefäß; $\mu_1 F_1$, h_1 und y aber auf das Zuflußreservoir beziehen, und

$$k = \frac{(\mu_1 F_1)^2 (h + h_1)}{(\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2}$$

diejenige Druckhöhe (x) im Ausflußgefäße bezeichnet, bei welcher der Beharrungszustand im Aus- und Zufluß eingetreten ist, anzuwenden.

Zur vollständigen Kenntniß dieses Ausflußverhältnisses gehören aber noch die Formeln für die Ausflußquanten V und V_1 durch die Mündungen F und F_1 in der gegebenen Zeit t. Jedenfalls ist

$$V - V_1 = G(h - x),$$

und daher die Zuflußmenge V_1 aus der Ausflußmenge V mittels der einfachen Formel

$$V_1 = V - G(h - x)$$

zu berechnen, so daß nur die Entwickelung einer Formel für V nöthig ist. Hierbei kommt es nun auf die Integration des Differenzialausdruckes

$$dV = \mu F \sqrt{2gx}\,.\,dt = \frac{\mu F G}{(\mu F)^2 + (\mu_1 F_2)^2} \left(\frac{\mu F \sqrt{x} + \mu_1 F_1 \sqrt{y}}{k - x}\right) x^{1/2}\, dx \text{ an.}$$

Nun ist aber $\int \frac{x\,dx}{k - x} = -\int\left(1 - \frac{k}{k - k}\right) dx = -(x + k \text{ Log. nat. } (k - x))$, daher läßt sich

$$V = -\frac{\mu F G}{(\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2} \left(\mu F \left(x + k \text{ Log. nat. } (k - x)\right) - \mu_1 F_1 \int \frac{\sqrt{xy}\, dx}{k - x}\right) \text{ setzen,}$$

und es bleibt nur noch die Ermittelung von $\int \frac{\sqrt{xy}\, dx}{k - x}$ übrig.

Nimmt man wieder $k - x = u$, folglich $x = k - u$, sowie $y = h_0 - x = h + h_1 - x = h_0 - k + u = k_1 + u$ und $dx = -du$ an, so erhält man

$$\frac{\sqrt{xy}\, dx}{k - x} = \frac{\sqrt{(k - u)(k_1 + u)}\, du}{u} = \frac{\sqrt{kk_1 + (k - k_1)\, u - u^2}}{u} du = \frac{U\, du}{u},$$

wenn man vorläufig $\sqrt{kk_1 + (k - k_1)\, u - u^2}$ mit U bezeichnet.

Nun ist aber $\int \frac{U\, du}{u} = \sqrt{U} + kk_1 \int \frac{du}{u\sqrt{U}} + \frac{k - k_1}{2} \int \frac{du}{\sqrt{U}}$, worin

$$\int \frac{du}{u\sqrt{U}} = \frac{1}{\sqrt{kk_1}} \text{ Log. nat. } \left(\frac{2kk_1 + (k - k_1)\, u - 2\sqrt{kk}\,.\,U}{u}\right) \text{ und}$$

$$\int \frac{du}{\sqrt{U}} = -\text{arc}\left(\sin = \frac{k - k_1 - 2u}{k + k_1}\right) \text{ zu setzen ist; daher folgt:}$$

$$\int \frac{\sqrt{xy}\, dx}{k - x} = \sqrt{U} + \sqrt{kk_1} \text{ Log. nat. } \left(\frac{2kk_1 + (k - k_1)\, u - 2\sqrt{kk_1}\, U}{u}\right) - \frac{k - k_1}{2} \text{ arc}\left(\sin = \frac{k - k_1 - 2u}{k + k_1}\right) + \text{Const.}$$

$$= \sqrt{xy} + \sqrt{kk_1}\ \text{Log. nat.} \left(\frac{2kk_1 + (k-k_1)(k-x) - 2\sqrt{kk_1}\sqrt{xy})}{k-x} \right)$$
$$- \frac{k-k_1}{2} \text{arc} \left(\sin = \frac{k-k_1-2(k-x)}{k+k_1} \right) + \text{Const.}, \text{ und}$$

$$V = -\frac{\mu F G}{(\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2} \left\{ \begin{array}{l} \mu F (x + k \text{ Log. nat. } (k-x) \\ -\mu_1 F_1 \left(\sqrt{xy} + \sqrt{kk_1}\ \text{Log. nat.} \left(\frac{2kk_1 + (k-k_1)(k-x) - 2\sqrt{kk_1}\sqrt{xy}}{k-x} \right) \right. \\ \left. - \frac{k-k_1}{2} \text{arc} \left(\sin = \frac{k-k_1-2(k-x)}{k+k_1} \right) \right) \end{array} \right\} + \text{Const.}$$

Da anfangs $x = h$, und $y = h_1$ ist, so hat man schließlich das Ausflußquantum durch die Mündung F:

$$V = \frac{\mu F G}{(\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2} \left\{ \begin{array}{l} \mu F \left((h-x) + k \text{ Log. nat.} \left(\frac{k-h}{k-x} \right) \right) \\ -\mu_1 F_1 \left(\sqrt{hh_1} - \sqrt{xy} + \sqrt{kk_1}\ \text{Log. nat.} \left(\frac{2kk_1 + (k-k_1)(k-h) - 2\sqrt{kk_1}\sqrt{hh_1}}{2kk_1 + (k-k_1)(k-x) - 2\sqrt{kk_1}\sqrt{xy}} \cdot \frac{k-x}{k-h} \right) \right. \\ \left. - \frac{k-k_1}{2} \left(\text{arc} \left(\sin = \frac{k-k_1-2(k-h)}{k+k_1} \right) - \text{arc} \left(\sin = \frac{k-k_1-2(k-x)}{k+k_1} \right) \right) \right) \end{array} \right\}$$

$$= \frac{\mu F G}{(\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2} \left\{ \begin{array}{l} \mu F \left((h-x) + k \text{ Log. nat.} \left(\frac{k-h}{k-x} \right) \right) \\ -\mu_1 F_1 \left(\sqrt{hh_1} - \sqrt{xy} + \sqrt{kk_1}\ \text{Log. nat.} \left(\frac{2kk_1 + (k-k_1)(k-h) - 2\sqrt{kk_1 hh_1}}{2kk_1 + (k-k_1)(k-x) - 2\sqrt{kk_1 xy}} \cdot \frac{k-x}{k-h} \right) \right. \\ \left. - \frac{k-k_1}{2} \text{arc} \left(\sin = \frac{(k-k_1-2(k-h))\sqrt{xy} - (k-k_1-2(k-x))\sqrt{hh_1}}{\frac{1}{2} h_0^2} \right) \right) \end{array} \right\}.$$

§. 27. Der im Folgenden behandelte allgemeine Fall tritt dann ein, wenn auch das Zuflußgefäß A, Fig. 2, einen endlichen Querschnitt G_1 hat. Nimmt während des Zeitelementes dt die Druckhöhe x des Wassers im Ausflußgefäße um dx, sowie die Druckhöhe y des Wassers im Zuflußgefäße um dy ab, so ist, unter der Voraussetzung, daß wieder F den Inhalt und μ den Ausflußcoefficienten der Ausflußmündung, sowie F_1 den Inhalt und μ_1 den Ausflußcoefficienten der Zuflußmündung bezeichnen:

1) die Ausflußmenge durch F_1:

$$dV_1 = \mu_1 F_1 \sqrt{2gy} \,.\, dt = -G_1 (dx + dy), \text{ und}$$

2) die Ausflußmenge durch F:

$$dV = \mu F \sqrt{2gx} \,.\, dt = \mu_1 F_1 \sqrt{2gy} \,.\, dt - G\,dx$$

zu setzen.

Eliminirt man aus beiden Gleichungen dt, so folgt

$$\frac{\mu F \sqrt{x} - \mu_1 F_1 \sqrt{y}}{\mu_1 F_1 \sqrt{y}} = \frac{G\,dx}{G_1 (dx + dy)},$$

oder, wenn man wieder $\frac{\mu F}{\mu_1 F}$ durch m, und $\frac{G}{G_1}$ durch n bezeichnet,

$$\left(m \sqrt{\frac{x}{y}} - 1 \right) (dx + dy) = n\,dx, \text{ so daß}$$

$$\left(m \sqrt{\frac{x}{y}} - 1 \right) dy = \left(n + 1 - m \sqrt{\frac{x}{y}} \right) dx \text{ folgt.}$$

Setzt man wieder

$$\sqrt{\frac{x}{y}} = u, \text{ also } \frac{x}{y} = u^2,$$

so erhält man $x = yu^2$, und $dx = u^2 dy + 2yu\,du$, und es folgt

$$(mu - 1)\,dy = (n + 1 - mu)(u^2 dy + 2yu\,du), \text{ oder}$$
$$(mu - 1 + (mu - n - 1)u^2)\,dy = (n + 1 - mu)\,2yu\,du,$$

sowie schließlich die Differenzialgleichung

$$\frac{dy}{y} = -\frac{(mu - n - 1)\,du}{(mu - n - 1)u^2 + mu - 1}.$$

§. 28. Wenn sich nun auch das Integral dieses Ausdruckes ähnlich wie das von

$$\frac{dy}{y} = -\frac{2nu\,du}{nu^2 - mu + 1}$$

in §. 20 vollziehen läßt, so möchte indessen in der praktischen Anwendung von demselben ganz abzusehen sein, nicht allein weil es auf eine sehr complicirte Formel führt, sondern auch weil es nur eine indirecte Lösung der Angabe giebt und in gewissen Fällen nicht einmal die erforderliche Genauigkeit gewährt. Deshalb ist hier der Weg durch Annäherung in ähnlicher Art, wie §. 22 abgehandelt wird, mit Vortheil in Anwendung zu bringen. Zu diesem Zweck geben wir unserer Differenzialformel zwischen dx und dy folgende Gestalt:

I. $(m\sqrt{x} - \sqrt{y})\,dy = ((n + 1)\sqrt{y} - m\sqrt{x})\,dx.$

Ist 1) y also auch die ganze Senkung $h_1 - y$ im Zuflußreservoir gegeben, so denke man sich die ganze Zuflußmenge $G(h_1 - y)$ in ν Schichten, jede von der Höhe $dy = \frac{h_1 - y}{\nu}$ getheilt, und setze die mittleren Druckhöhen dieser Schichten der Reihe nach

$$y_1 = h_1 - \tfrac{1}{2} dy, \quad y_2 = y_1 - dy, \quad y_3 = y_2 - dy \text{ u. s. w.},$$

sowie die gleichzeitigen mittleren Druckhöhen im Ausflußreservoir:

$$z_1 = h - \tfrac{1}{2} dx, \quad z_2 = x_1 - \tfrac{1}{2} dx_1, \quad z_3 = x_2 - \tfrac{1}{2} dx_2 \text{ u. s. w.},$$

und die Quadratwurzeln derselben:

$$\sqrt{z_1} = \sqrt{h - \tfrac{1}{2} dx} = \sqrt{h} - \frac{dx}{4\sqrt{h}}, \quad \sqrt{z_2} = \sqrt{x_1} - \frac{dx_1}{4\sqrt{x_1}}, \quad \sqrt{z_3} = \sqrt{x_2} - \frac{dx_2}{4\sqrt{x_2}} \text{ u. s. w.}$$

Dann ergiebt sich:
$$\left(m\sqrt{h} - \sqrt{y_1} - \frac{m\,dx}{4\sqrt{h}}\right) dy = \left((n+1)\sqrt{y_1} - m\sqrt{h} + \frac{m\,dx}{4\sqrt{h}}\right) dx,$$

und es folgt:
$$dx = \frac{(m\sqrt{h} - \sqrt{y_1})\,dy}{(n+1)\sqrt{y_1} - m\sqrt{h} + \frac{m(dx+dy)}{4\sqrt{h}}}, \text{ d. i.}$$

II.
$$dx = h - x_1 = \frac{(m\sqrt{h} - \sqrt{y_1})\,dy}{(n+1)\sqrt{y_1} - m\sqrt{h} + \frac{m\,n\,dy}{4\sqrt{h}\,((n+1)\sqrt{y} - m\sqrt{h})}}, \text{ ebenso}$$

$$dx_1 = x_2 - x_1 = \frac{(m\sqrt{x_1} - \sqrt{y_2})\,dy}{(n+1)\sqrt{y_2} - m\sqrt{x_1} + \frac{m\,n\,dy}{4\sqrt{x_1}\,((n+1)\sqrt{y_2} - m\sqrt{x_1})}},$$

$$dx_2 = x_3 - x_2 = \frac{(m\sqrt{x_2} - \sqrt{y_3})\,dy}{(n+1)\sqrt{y_3} - m\sqrt{x_2} + \frac{m\,n\,dy}{4\sqrt{x_2}\,((n+1)\sqrt{y_3} - m\sqrt{x_2})}} \text{ u. s. w.}$$

Auf diese Weise läßt sich durch eine Rechnung wie in §. 25 die Druckhöhe

$$x = h - (dx + dx_1 + dx_2 + \ldots)$$

im Ausflußreservoir bestimmen, welche der Druckhöhe $y = h_1 - \nu dy$ im Zuflußreservoir entspricht.

Die Ausflußzeit t, sowie die Ausflußmenge V lassen sich auf einem Annäherungswege nach der Methode der Quadraturen, oder mittels der Simpson'schen Regel berechnen. Es ist

$$\mu_1 F_1 G \sqrt{2gy}\, dt = -G G_1 dy + (\mu F \sqrt{2gx} - \mu_1 F_2 \sqrt{2gy})\, G_1 dt,$$

daher
$$dt = -\frac{G G_1 dy}{\sqrt{2g}\,(\mu_1 F_1 (G+G_1)\sqrt{y} - \mu F G_1 \sqrt{x})},$$

und

III.
$$t = -\frac{G G_1}{\sqrt{2g}} \int \frac{dy}{\mu_1 F_1 (G+G_1)\sqrt{y} - \mu F G_1 \sqrt{x}}.$$

Auch ist

IV.
$$t = \frac{G}{\sqrt{2g}} \int \frac{dx}{\mu_1 F_1 \sqrt{y} - \mu F \sqrt{x}}.$$

Ferner hat man das in Frage stehende Zuflußquantum durch die Mündung F_1:

V. $$V = G_1 s_1 = G_1 (h - x + h_1 - y),$$

und endlich das gesuchte Ausflußquantum durch die Mündung F:

VI. $$V = G(h - x) + V_1 = (G + G_1)(h - x) + G_1 (h_1 - y).$$

§. 29. Ist 2) die Druckhöhe x, also die ganze Senkung oder, nach Befinden, die Steigung $s = x - h$ im Ausflußreservoir gegeben, so setze man $dx = \frac{x - h}{\nu}$, und hiernach die mittleren Druckhöhen während des Ausflusses:

$$x_1 = h + \tfrac{1}{2} dx, \quad x_2 = x_1 + dx, \quad x_3 = x_2 + dx \text{ u. s. w.},$$

sowie die im Zuflußgefäße:

$$z_1 = h_1 - \tfrac{1}{2} dy, \quad z_2 = y_1 - \tfrac{1}{2} dy, \quad z_3 = y_2 - \tfrac{1}{2} dy_2 \text{ u. s. w.},$$

und deren Quadratwurzeln, der Reihe nach,

$$\sqrt{z_1} = \sqrt{h_1} - \frac{dy}{4\sqrt{h_1}}, \quad \sqrt{z_2} = \sqrt{y_1} - \frac{dy_1}{4\sqrt{y_1}}, \quad \sqrt{z_3} = \sqrt{y_2} - \frac{dy_2}{4\sqrt{y_2}} \text{ u. s. w.}$$

Dann läßt sich der Grundformel I. zu Folge

$$\left(m\sqrt{x_1}-\sqrt{h_1}+\frac{dy}{4\sqrt{h_1}}\right)dy=\left((n+1)\sqrt{h_1}-m\sqrt{x_1}-\frac{(n+1)\,dy}{4\sqrt{h_1}}\right)dx,$$ und daher

$$\text{VII.}\quad dy=h_1-y_1=\frac{((n+1)\sqrt{h_1}-m\sqrt{x_1})\,dx}{m\sqrt{x_1}-\sqrt{h_1}+\frac{mndx}{4\sqrt{h_1}\,(m\sqrt{x_1}-\sqrt{h_1})}},$$ sowie

$$dy_1=y_1-y_2=\frac{((n+1)\sqrt{y_1}-m\sqrt{x_2})\,dx}{m\sqrt{x_2}-\sqrt{y_1}+\frac{mndx}{4\sqrt{y_1}\,(m\sqrt{x_2}-\sqrt{y_1})}},$$

$$dy_2=y_2-y_3=\frac{((n+1)\sqrt{y_2}-m\sqrt{x_3})\,dx}{m\sqrt{x_3}-\sqrt{y_2}+\frac{mndx}{4\sqrt{y_2}\,(m\sqrt{x_3}-\sqrt{y_2})}}$$ u. s. w. setzen.

Mittels dieser Formeln ist durch eine tabellarische Rechnung schließlich die Druckhöhe

$$y=h_1-(dy+dy_1+dy_2+\ldots)$$

im Zuflußreservoir zu bestimmen; auch lassen sich dann durch Anwendung der Formeln IV., V. und VI. die übrigen Größen t, V und V_1 berechnen.

Ist endlich 3) die Ausflußzeit t gegeben und sind daraus die Druckhöhen x und y am Ende dieser Zeit zu finden, so setze man in

$$dx=(\mu_1 F_1\sqrt{y}-\mu F\sqrt{x})\frac{\sqrt{2g}}{G}\,dt$$ und

$$dy=-dx-\frac{\mu_2 F_1\sqrt{2gy}\,dt}{G_1}=\left(\frac{\mu F\sqrt{x}}{G}-\mu_1 F_1\sqrt{y}\left(\frac{1}{G}+\frac{1}{G_1}\right)\right)\sqrt{2g}\,dt,$$

zunächst statt x: $h+\frac{1}{2}dx$, also statt $\sqrt{x}$: $\sqrt{h}+\frac{dx}{4\sqrt{h}}$,

und statt y: $h_1-\frac{1}{2}dy$, also statt $\sqrt{y}$: $\sqrt{h_1}-\frac{dy}{4\sqrt{h_1}}$,

und hierin wieder die ersten Näherungswerthe

$$dx=(\mu_1 F_1\sqrt{h_1}-\mu F\sqrt{h})\frac{\sqrt{2g}}{G}\,dt \text{ und } dy=\left(\frac{\mu F\sqrt{h}}{G}-\mu_1 F_1\sqrt{h_1}\left(\frac{1}{G}+\frac{1}{G_1}\right)\right)\sqrt{2g}.dt$$ ein.

Dann folgt genauer:

$$\text{VIII.}\left\{\begin{array}{l} dx=x_1-h=\left(\mu_1 F_1\left(\sqrt{h_1}-\frac{dy}{4\sqrt{h_1}}\right)-\mu F\left(\sqrt{h}+\frac{dx}{4\sqrt{h}}\right)\right)\frac{\sqrt{2g}}{G}\,dt, \text{ sowie} \\ -dy=y_1-h_1=\left(\frac{\mu F}{G}\left(\sqrt{h}+\frac{dx}{4\sqrt{h}}\right)-\mu_1 F_1\left(\frac{1}{G}+\frac{1}{G_1}\right)\left(\sqrt{h_1}-\frac{dy}{4\sqrt{h_1}}\right)\right)\sqrt{2g}.dt, \end{array}\right.$$

ebenso

$$dx_1=x_2-x_1=\left(\mu_1 F_1\left(\sqrt{y_1}-\frac{dy_1}{4\sqrt{y_1}}\right)-\mu F\left(\sqrt{x_1}+\frac{dx_1}{4\sqrt{x_1}}\right)\right)\frac{\sqrt{2g}}{G}\,dt,$$ und

$$-dy_1=y_1-y_2=\left(\frac{\mu F}{G}\left(\sqrt{x_1}+\frac{dx_1}{4\sqrt{x_1}}\right)-\mu_1 F_1\left(\frac{1}{G}+\frac{1}{G_1}\right)\left(\sqrt{y_1}-\frac{dy_1}{4\sqrt{y_1}}\right)\right)\sqrt{2g}.dt,$$

auch

$$dx_2=x_3-x_2=\left(\mu_1 F_1\left(\sqrt{y_2}-\frac{dy_2}{4\sqrt{y_2}}\right)-\mu F\left(\sqrt{x_2}+\frac{dx_2}{4\sqrt{x_2}}\right)\right)\frac{\sqrt{2g}}{G}\,dt$$ und

$$-dy_2=y_2-y_3=\left(\frac{\mu F}{G}\left(\sqrt{x_2}+\frac{dx_2}{4\sqrt{x_2}}\right)-\mu_1 F_1\left(\frac{1}{G}+\frac{1}{G_1}\right)\left(\sqrt{y_2}-\frac{dy_2}{4\sqrt{y_2}}\right)\right)\sqrt{2g}.dt$$ u. s. w.

Mittels dieser Formeln lassen sich durch die aus dem Obigen bekannten Rechnungen schließlich beide, am Ende der Ausflußzeit t eintretende Druckhöhen

$x=h+(dx+dx_1+dx_2+\ldots)$, und
$y=h_1-(dy+dy_1+dy_2+\ldots)$ berechnen.

Diese Formeln finden auch dann ihre Anwendung, wenn der Wasserspiegel WW über der Oberfläche VV des Wassers in A steht, folglich h_1 negativ ist, und das Wasser zum Theil aus B nach A fließt.

§. 30. Der Apparat zu Versuchen über dieses zusammengesetzte Ausflußverhältniß ist, so weit nöthig, in Fig. 10 auf Tafel 8 abgebildet. Das Zuflußgefäß besteht wieder in der offenen Vorlage OK von dem in Fig. 9 abgebildeten Apparate; mit demselben steht die Knieröhre KLF in Verbindung, welche das Wasser durch ein Mundstück F in das Hauptausflußgefäß AW führt, und durch einen Hahn LN beliebig geöffnet und abgeschlossen werden kann. Zum Ausfluß des Wassers aus dem Gefäße AW diente ein gewöhnliches Mundstück, welches entweder in das obere Loch A oder in ein tieferes Loch desselben eingesetzt war.

Bei jedem Versuche wurde in der Regel die Zeit beobachtet, innerhalb welcher der Wasserspiegel im Ausflußreservoir von der einen Spitze Z_1 bis zur andern Spitze Z_2 sank, oder auch von Z_2 bis Z_1 stieg; außerdem mußte natürlich noch mittels des Zeigers PS (Fig, 9) der Stand des Wasserspiegels OO am Anfang und am Ende der Versuchszeit beobachtet werden. War nun noch die Tiefe der Ausflußmündung A unter der Zeigerspitze Z_1 im Ausflußgefäße, sowie die Tiefe der Zuflußmündung F in der Vorlage gemessen worden, so ließen sich schließlich auch die Druckhößen h und x des Aus-, sowie die Druckhöhen h_1 und y des Zuflusses ermitteln.

Zur Berechnung der Versuche war noch die Kenntniß der Ausflußcoefficienten von den beiden Mündungen A und F nöthig. Der Coefficient μ der Ausflußmündung in A war bei den vorausgegangenen Versuchen mit bestimmt worden, dagegen der Coefficient μ_1 für den Ausfluß des Wassers unter Wasser, bei F, mußte durch besondere Versuche bestimmt werden. Diese Versuche bestanden entweder darin, daß man das Wasser aus der Vorlage in das Ausflußreservoir einführte, ohne es wieder aus demselben austreten zu lassen, worin dann die Zeit beobachtet wurde, innerhalb welcher der Wasserspiegel WW von der unteren Spitze Z_2 bis zur oberen Spitze Z_1 aufstieg, oder sie wurden in der Art ausgeführt, daß man das Wasser aus dem Hauptreservoir BC, Fig. 11, mittels der Knieröhre BNF und durch die Mündung F in das mit Wasser angefüllte Gefäß EO führte, und oben am Rande OO ringsherum aus dem letzteren abfließen ließ, während der Wasserspiegel im Hauptreservoir von der einen Spitze Z_1 bis zur andern Spitze Z_2 sank. Zur Berechnung des Ausflußcoefficienten blieb außer der Ausflußzeit nur noch die Tiefe des Wasserspiegels OO unter der oberen Spitze zu bestimmen nöthig, da der Querschnitt G und die Senkung s des Wasserspiegels WW aus den vorausgegangenen Versuchen bekannt waren.

§. 31. Bei den Nebenversuchen mit verschlossener Ausflußmündung wurde ein Mal die engere Kreismündung von 0,741 Centimeter, und ein anderes Mal die größere Kreismündung von 1,01 Centimeter Weite, beide in der dünnen Wand, angewendet. Zur Berechnung des Ausflußcoefficienten für den Ausfluß einer solchen Mündung mit Berücksichtigung des Widerstandes in der Knieröhre ist die Formel

$$\mu = \frac{2GG_1}{G+G_1} \, \frac{\sqrt{h}-\sqrt{y}}{Ft\sqrt{2g}}$$

in Anwendung gebracht worden.

Es ist hier $G = 1{,}7683\ G_1$, daher

$$\frac{2GG_1}{G+G_1} = \frac{2G}{2{,}7683}, \text{ und}$$

$$\frac{2GG_1}{(G+G_1)\sqrt{2g}} = \frac{2 \, . \, 0{,}12498}{2{,}7683 \, . \, 4{,}4294} = 0{,}020385,$$

und für den Versuch mit der weiteren Mündung:

$F = 0{,}8012$ Quadratcentimeter, ferner

$t = 92{,}75$ Secunden, die anfängliche Druckhöhe:

$h = 0{,}6816$ Meter, und die Druckhöhe am Ende:

$y = 0{,}5616 - 0{,}2121 = 0{,}3595$ Meter,

daher hat man hiernach

$$\mu F = 0{,}020385 \, . \frac{\sqrt{h}-\sqrt{y}}{t} = 2{,}0385 \, . \frac{22{,}601}{92{,}75}$$

$= 0{,}49675$ Quadratcentimeter, und

$$\mu = \frac{0{,}49675}{0{,}8012} = 0{,}6200.$$

Für den Versuch mit der engeren Mündung war

$F = 0{,}43125$, $t = 172{,}75$ Secunden, $h = 0{,}6816$ und $y = 0{,}3593$ Meter, folglich

$$\mu F = \frac{2{,}0385 \, . \, 22{,}601}{171{,}25} = 0{,}26904 \text{ Quadratcentimeter}$$

und $\mu = \dfrac{0{,}26904}{0{,}43125} = 0{,}6238.$

Bei den Versuchen an dem Apparat in Fig. 11 sank der Wasserspiegel WW im Hauptausflußreservoir von einer Spitze Z_1 zur anderen Spitze Z_2, und floß das Wasser oben am Rande der Vorlage ab, wobei die Oberfläche OO des abfließenden Wassers 0,5790 Meter unter der oberen Spitze stehen blieb. Es waren deshalb die Druckhöhen $h = 0{,}5790$ und $y = 0{,}4590$ Meter. War die größere Kreismündung F am Ende der Kropfröhre BLF eingesetzt, so fiel die Ausflußzeit $t = 93{,}25$ Sec. aus, und wurde dieselbe durch die kleinere Kreismündung ersetzt, so war $t = 171{,}5$ Secunden.

Es ist in beiden Fällen

$$\frac{2G}{\sqrt{2g}}(\sqrt{h}-\sqrt{y}) = 5{,}6515\,(76{,}092 - 67{,}750)$$

$$= 47{,}145;$$

daher für die größere Kreismündung:

$$\mu F = \frac{2G}{t\sqrt{2g}}(\sqrt{h}-\sqrt{y}) = \frac{47{,}145}{93{,}25}$$

$= 0{,}50422$ Quadratcentimeter, und

$$\mu = \frac{0,50422}{F} = \frac{0,50600}{0,8012} = 0,6308,$$

dagegen für die kleinere Kreismündung:

$$\mu F = \frac{47,145}{171,50} = 0,27490, \text{ und}$$

$$\mu = \frac{0,27517}{0,43125} = 0,6374.$$

Beide Werthe von μ sind etwas größer als die ersteren, weniger scharf bestimmten.

§. 32. Bei einem Hauptversuche saß die engere Kreismündung in der dünnen Wand in der Kropfröhre, und das conoidische Mundstück von 1,002 Centimeter Weite im mittleren Loche des Hauptausflußreservoirs, ferner war die anfängliche Druckhöhe des Zuflusses, vom Oberwasserspiegel bis Spitze S_1 des genannten Reservoirs gemessen, $h_1 =$ 0,5616 Meter, und es sank in der Zeit $t = 118,5$ Sec., der Oberwasserspiegel um $s_1 = 0,1521$, dagegen der Unterwasserspiegel, wie gewöhnlich, von Spitze zu Spitze, d. i. um $s = 0,1200$ Meter, wobei natürlich das Wasser durch das conoidische Mundstück abfloß.

Es war wieder $n = \frac{G}{G_1} = 1,7683$, dagegen aber

$$m = \frac{\mu F}{\mu_1 F_1} = \frac{0,76303}{0,27490} = 2,7757.$$

ferner $mn = 4,9083$, und wenn man $\nu = 2$, also

$$dx = \frac{h-x}{2} = \frac{s}{2} = 0,060 \text{ annimmt,}$$

$$\frac{mn\,dx}{4} = 0,073624.$$

Hiernach läßt sich folgende tabellarische Rechnung führen.

x	$\sqrt{x}$	$m\sqrt{x}$	y	$\sqrt{y}$	$(n+1)\sqrt{y}$	$m\sqrt{x}-\sqrt{y}$	$\frac{mn\,dx}{4\sqrt{y}(m\sqrt{x}-\sqrt{y})}$	dy
(0,4694)								
0,4394	0,6629	1,8399	0,5616	0,7494	2,0745	1,0905	0,0901	0,0119
			(0,0119)					
0,3794	0,6160	1,7097	0,5497	0,7414	2,0524	0,9683	0,1026	0,0191
(0,3494)			(0,0191)					
			0,5306					

Während der Versuch die Druckhöhe im Zuflußreservoir am Ende des Versuches

$$y = h_1 + s - s_1 = 0,5616 - 0,0321 = 0,5295 \text{ Meter}$$

gegeben hat, ist dieser Rechnung zu Folge: $y = 0,5306$ Meter.

Zur Berechnung der Ausflußzeit dient die Formel

$$t = \frac{G}{\sqrt{2g}} \int \frac{dx}{\mu_1 F_1 \sqrt{y} - \mu F \sqrt{x}}.$$

Nimmt man $dx = \frac{h-x}{2} = 0,060$ Meter, und diesem entsprechend:

1) $x = 0,4394$ und $y = 0,5556$, sowie
2) $x = 0,3794$ und $y = 0,5402$ Meter an, wonach

1) $\mu_1 F_1 \sqrt{y} - \mu F \sqrt{x} = 0,50582 - 0,20561 = 0,30021,$
2) $\mu_1 F \sqrt{y} - \mu F \sqrt{x} = 0,47002 - 0,20205 = 0,26797$

folgt, so erhält man annähernd

$$t = 282,16 \,.\, 0,06 \,.\, \left(\frac{1}{0,30021} + \frac{1}{0,26797}\right)$$

$$= 16,93 \,.\, (3,331 + 3,732) = 119,6 \text{ Secunden,}$$

während der Versuch $t = 118,5$ Sec. gegeben hat.

Endlich ist das Zuflußquantum:

$$V_1 = G_1 (h - x + h_1 - y)$$
$$= G_1 s_1 = 0,070676 \,.\, 0,1510 = 0,010672 \text{ Cubikmeter,}$$

und das Ausflußquantum:

$$V = G(h-x) + V_1 = 0,12498 \,.\, 0,12 + 0,010672$$
$$= 0,01500 + 0,01067 = 0,02567 \text{ Cubikmeter.}$$

§. 33. Um eine Anwendung von den letzten Formeln unter VIII., §. 29, machen zu können, wurde ein Versuch mit steigendem Wasserspiegel WW angestellt, wobei die größere Kreismündung von 1,01 Centimeter Weite als Zu-, und die kleinere Kreismündung von 0,741 Centimeter Weite als Ausflußöffnung diente. Der Versuch, wobei der Wasserspiegel WW im Ausflußgefäße von der unteren zur oberen Spitze, also um 0,120 Meter stieg, dauerte 140,5 Secunden. Die Druckhöhen $h = 0,050$ Meter und $h_1 = 0,6816$ Meter bei Beginn des Ausflusses gingen während des Ausflusses in $x = 0,170$ Meter und in $y = 0,2616$ Meter über. Die Berechnung des Versuches mittels der Formeln

$$dx = \mu_1 F_1 \left(\sqrt{y} - \frac{dy}{4\sqrt{y}}\right) \frac{\sqrt{2g}}{G} dt - \mu F \left(\sqrt{x} + \frac{dx}{4\sqrt{x}}\right) \frac{\sqrt{2g}}{G} dt,$$

$$dy = \mu_1 F_1 \left(\frac{1}{G} + \frac{1}{G_1}\right)\left(\sqrt{y} - \frac{dy}{4\sqrt{y}}\right)\sqrt{2g}\,.\,dt - \mu F\left(\sqrt{x} + \frac{dx}{4\sqrt{x}}\right)\frac{\sqrt{2g}}{G}\,dt$$

soll nahe auf dieselben Werthe von x und y führen.

Es ist $\frac{\sqrt{2g}}{G} = \frac{4{,}4294}{0{,}12498} = 35{,}441$ und

$$\frac{\sqrt{2g}}{G_1} = \frac{4{,}4294}{0{,}070676} = 62{,}672,$$

ferner älteren Versuchen zu Folge:

$$\mu F = 0{,}000028667 \text{ Quadratmeter},$$

und nach den Vorversuchen:

$$\mu_1 F_1 = 0{,}000050422 \quad ''$$

und nimmt man noch $dt = \frac{t}{5} = 28{,}1$ an, so erhält man folgende Grundformeln zur Berechnung der Versuche:

$$dx = 0{,}050215\left(\sqrt{y} - \frac{dy}{4\sqrt{y}}\right) - 0{,}028549\left(\sqrt{x} + \frac{dx}{4\sqrt{x}}\right),$$

$$dy = 0{,}13901\left(\sqrt{y} - \frac{dy}{4\sqrt{y}}\right) - 0{,}028549\left(\sqrt{x} + \frac{dx}{4\sqrt{x}}\right).$$

1) Anfangs ist

$$x = h = 0{,}0500 \text{ und } y = h_1 = 0{,}6816,$$

daher folgt annähernd:

$$dx = 0{,}050215\,.\,0{,}82559 - 0{,}028549\,.\,0{,}22361 = 0{,}0351$$

und

$$dy = 0{,}013901\,.\,0{,}82559 - 0{,}028549\,.\,0{,}22361 = 0{,}1084.$$

Hiernach erhält man $\frac{dx}{4\sqrt{x}} = 0{,}0392$ und

$$\frac{dy}{4\sqrt{y}} = 0{,}0328;$$

daher folgt genauer:

$$dx = 0{,}050215\,.\,0{,}79278 - 0{,}028549\,.\,0{,}26282 = 0{,}0323$$

und

$$dy = 0{,}13901\,.\,0{,}79278 - 0{,}028549\,.\,0{,}26282 = 0{,}1027.$$

Nun folgt

2) $x = 0{,}0500 + 0{,}0323 = 0{,}0823$ und
$y = 0{,}6816 - 0{,}1027 = 0{,}5789$ Meter,

woraus auf demselben Wege annähernd

$$dx = 0{,}0300 \text{ und } dy \doteq 0{,}09787,$$

$$\frac{dx}{4\sqrt{x}} = 0{,}02616 \text{ und } \frac{dy}{4\sqrt{x}} = 0{,}03206,$$

und nun genauer:

$$dx = 0{,}050215\,.\,0{,}72879 - 0{,}028549\,.\,0{,}31304 = 0{,}0277,$$

und

$$dy = 0{,}13901\,.\,0{,}72879 - 0{,}028549\,.\,0{,}31304 = 0{,}0924$$

folgt, so daß

3) $x = 0{,}0823 + 0{,}0277 = 0{,}1100$ und
$y = 0{,}5789 - 0{,}0924 = 0{,}4865$ Meter

zu setzen ist.

Hieraus folgt wieder auf dem obigen Rechnungswege annähernd

$$dx = 0{,}0256 \text{ und } dy = 0{,}0874,$$

$$\frac{dx}{4\sqrt{x}} = 0{,}02221 \text{ und } \frac{dy}{4\sqrt{y}} = 0{,}03136,$$

und nun genauer

$$dx = 0{,}0234 \text{ und } dy = 0{,}0825 \text{ Meter}.$$

Jetzt folgt

4) $x = 0{,}1100 + 0{,}0234 = 0{,}1335$ Meter, sowie
$y = 0{,}4865 - 0{,}0825 = 0{,}4040$ Meter,

und hieraus mittels der gefundenen Grundformeln:

$$dx = 0{,}0195 \text{ und } dy = 0{,}0733,$$

so daß zu setzen ist:

5) $x = 0{,}1335 + 0{,}0195 = 0{,}1530$ und
$y = 0{,}4040 - 0{,}0733 = 0{,}3307$ Meter.

Da sich hieraus wieder

$$dx = 0{,}0159 \text{ und } dy = 0{,}0643$$

ergiebt, so folgen endlich die Druckhöhen am Ende der Ausflußzeit t von 140,5 Secunden:

$$x = 0{,}1530 + 0{,}0159 = 0{,}1689 \text{ und}$$
$$y = 0{,}3307 - 0{,}0643 = 0{,}2664 \text{ Meter}.$$

Da der Versuch $x = 0{,}1700$ Meter gab, so beträgt die Abweichung in x nur 0,0011 Meter, und da $y = 0{,}2616$ Meter gefunden wurde, so steigt hier die Differenz auf 0,0048 Meter. Die letztere Abweichung mag theils darin ihren Grund haben, daß das Zuflußgefäß nicht genau prismatisch war, theils aber auch darin, daß wir bei der Berechnung nur 5 Wasserschichten angenommen haben, deren Höhen verhältnißmäßig noch zu groß sind.

Verbesserter selbstwirkender Schmierapparat für Locomotiven

von

W. Volkmar, Ingenieur in Zürich.

(Hierzu Fig. 8 auf Tafel 13.)

Der von mir im ersten Hefte dieses Jahrganges des „Civilingenieur" veröffentlichte „selbstwirkende Schmierapparat für Locomotivcylinder" hat sich in der dort angegebenen Construction*) in der Praxis nicht ganz bewährt, weil trotz des sorgfältigsten Einschleifens des Dampfventiles dies doch nach einiger Zeit etwas Dampf durchließ. Dieser Dampf condensirte sich im Oelbehälter, so daß sich Condensationswasser bilden konnte, welches beim jeweiligen Ventilspiel natürlich zuerst ablief. Es bedurfte daher mehrerer Ventilspiele, resp. wiederholten Reversirens mit dem Steuerhebel, ehe Oel ablaufen konnte.

Dieser Uebelstand läßt sich nun aber leicht dadurch beseitigen, daß man den Eintritt des Oels in den Ventilraum höher über dem Boden des Oelbehälters stattfinden läßt, wie dies in der veränderten Construction meines Schmierapparates (Fig. 8 in $^1/_2$ natürl. Größe) geschehen ist. Bei dieser Anordnung wird sich bei allfälligem Blasen des Ventiles (b) das sich bildende Condensationswasser am Boden des Oelbehälters ansammeln, also in den Ventilraum immer Oel eintreten können.

Füllt man den Oelbehälter ganz voll mit Oel, so wird anfänglich gar kein Condensationswasser, resp. Dampf in denselben eintreten können, sondern erst dann, wenn etwas Oel abgelaufen ist. Der Oelbehälter wird also immer gefüllt bleiben, und muß jedenfalls erst die ganze Quantität Oel unter der Kante (d) verbraucht sein, ehe das Condensationswasser in den Ventilraum eintreten kann. Sollte das Ventil weniger Dampf in den Oelbehälter durchlassen, als Oel jeweilen abläuft, so wird doch die Oelmenge über der Kante (d) allein für eine Fahrt genügen. Natürlich wird sich auch im Ventilraum etwas Dampf oder Condensationswasser ansammeln, allein dies wird beim Dampfabstellen vollständig ablaufen.

Das sich im unteren Raum des Oelbehälters angesammelte Wasser läßt man nach beendigter Fahrt ablaufen, indem vermittelst der Stellschraube (e) oder des oberen Hahnengriffes der obere Theil des Oelbehälters soweit aufgeschraubt wird, bis das Wasser durch die kleinen Löcher (ff) ablaufen kann.

In der vorliegenden Construction ist auch das eigentliche Ventil in etwas anderer Form ausgeführt, um demselben so eine noch bessere Führung zu geben, als mit den Kreuznerven. Der Ventilraum ist ausgebohrt, und dann die obere Oeffnung mit dem Kölbchen (a) zugelöthet.

Um erst bei Beginn der Fahrt den Apparat in Thätigkeit setzen zu können, ist unten noch ein Hahnen angebracht, der also erst kurz vor der Abfahrt des Zuges geöffnet wird.

*) Diese Construction hatte der Herr Verfasser bereits im September vor. Jahr. eingesandt. D. Red.

Reisenotizen über einige eiserne Brücken am Rheine.

Von

Dr. E. Winkler, Lehrer an der polytechnischen Schule in Dresden.

(Schluß.)

Hierzu Tafel 14 bis 17.

4. Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Coblenz.*)

Diese als schmiedeeiserne Bogenbrücke construirte Brücke ist unstreitig die schönste aller bestehenden größeren eisernen Brücken und verdient schon aus diesem Grunde in hohem Grade unsere Beachtung. Die Rücksichten auf die Schönheit sind auch hier hauptsächlich maaßgebend für die Wahl des Systems gewesen. Wird es auch bei eisernen Brücken nie möglich werden, den Anforderungen des ästhetischen Gefühles vollkommen zu genügen, so ist es doch stets Aufgabe des Ingenieurs, sich diesen Anforderungen möglichst zu nähern. Durch keine Construction ist dies in höherem Grade möglich, als durch Bogenbrücken.

Nicht minder interessant ist aber auch die Eisenconstruction, welche zum großen Theil neu ist.

I. Construction.

Die Brücke hat 3 Oeffnungen von je 96,67 Meter = 341,35′ Lichtweite und Strompfeiler von 8,47 Meter = 29,92′ Dicke am Kämpfer. Jede Oeffnung ist mit 3 eisernen Bogenträgern überspannt, deren Pfeilhöhe 8,92 Meter = 31,51′ = $1/_{11}$ der Spannweite beträgt. Je zwei Bogenträger tragen ein Eisenbahngeleis, die Brücke ist aber gleichzeitig auch zur Aufnahme von Fuhrwerken eingerichtet. Die Bogen liegen zum großen Theil unter, am Scheitel aber über der Bahn, da die Terrainverhältnisse und der höchste Wasserstand, welcher bis zu den Bogenanfängen reicht, nicht zuließen, die Bogen ganz unter die Bahn zu legen. In der Oeffnung am linken Ufer hat die Bahn bis zum Scheitel eine Steigung von $1/_{70}$, im übrigen Theile aber eine horizontale Lage.

Bogenträger. — Jeder Bogenträger besteht nach Art der Kastenträger aus zwei Gurten und zwei zwischen diesen liegenden Gitterwänden. Sie sind so construirt, daß der Mittelträger eine doppelt so große Last zu tragen im Stande ist, als jeder der beiden äußeren Träger. Die ganze Höhe der Träger ist constant 3,25 Meter = 11,46′, d. i. ungefähr $1/_{30}$ der Spannweite.

Gurte. — Jeder Gurt (Tafel 16, Fig. 5 und 6) besteht aus 2 bis 4 Horizontalblechen von 1,0 bis 1,6 Centimeter = 0,40″ bis 0,67″ Dicke, in den äußeren Trägern von 68,0 Centimeter = 28,8″, im Mittelträger von 96,5 Centimeter = 42,1″ Breite, ferner aus zwei Stehblechen, welche 39,8 Centimeter = 17,7″ breit und in den äußeren Trägern 1,6 Centimeter = 0,67″, im Mittelträger 2,6 Centimeter = 1,11″ dick sind und aus 4 Winkeleisen von 1,6 Centimeter = 0,67″ Dicke, 10,5 Centimeter = 4,43″ Breite (Fig. 8, No. 1). Die mittlere Länge der Bleche beträgt 3,8 Meter = 13,3′ und die der Winkeleisen 11,3 Meter = 39,9′. Der Querschnitt ändert sich der Berechnung zu Folge in der auf Tafel 15, Fig. 4 dargestellten Weise, er variirt in den äußeren Trägern zwischen 397 und 464 Quadratcentimetern oder 71 und 83 Quadratzollen, im Mittelträger zwischen 768 und 931 Quadratcentimetern oder 138 und 167 Quadratzollen. Die Stöße der Horizontalbleche (Taf. 17, Fig. 5 und 7) sind so angeordnet, daß die Stöße aller Bleche mit einem einzigen Deckbleche überdeckt werden können. Die Stöße der Stehbleche und der Winkeleisen sind auf Tafel 17, Fig. 7 bis 9, dargestellt.

Gitterstäbe. — Beide Lagen von Gitterstäben haben einen T förmigen Querschnitt erhalten, weil zum Theil derselbe Gitterstab sowohl auf Zug, als auf Druck beansprucht werden kann. Es sind 3 verschiedene Sorten T Eisen (Tafel 16, Fig. 7) von 32,2 Quadratcentimeter = 5,78 Quadratzoll, 48,4 Quadratcentimeter = 8,68 Quadratzoll

*) Auf Wunsch der geehrten Redaction ist von diesem Bauwerke eine ausführlichere Darstellung gegeben worden, als von den übrigen. Da hierzu die Reisenotizen nicht ganz ausreichten, so hat sich der Verfasser erlaubt, die sehr ausführliche Darstellung in Erbkam's „Zeitschrift für Bauwesen, 1864", welche auch besonders im Buchhandel erschienen ist, zu benutzen. Die Dimensionen sind im Texte in französischem und sächsischem Maaße angegeben.

und 62,2 Quadratcentimeter = 11,17 Quadratzoll Querschnitt in Anwendung gekommen; durch Aufnieten eines Bleches aber sind noch 2 Querschnitte von 48,9 Quadratcentimeter = 8,78 Quadratzoll und 92,1 Quadratcentimeter = 16,54 Quadratzoll gebildet. In den äußeren Bögen haben die längeren Stäbe zwischen 2 und 5 (Tafel 15) den Querschnitt Nr. 4; zwischen 4 und 16 den Querschnitt Nr. 3, zwischen 16 und 26 den Querschnitt Nr. 5; die kürzeren Stäbe zwischen 2 und 18 den Querschnitt Nr. 3 und zwischen 18 und 26 den Querschnitt Nr. 5. Im mittleren Bogen haben die längeren Stäbe zwischen 2 und 5 den Querschnitt Nr. 1, zwischen 5 und 26 den Querschnitt Nr. 2; die kürzeren Stäbe an allen Stellen den Querschnitt Nr. 2.

Steifen. — Außerdem sind die Gurte noch durch verticale Steifen verbunden, welche aus einer 1,0 Centimeter = 0,4″ dicken, mit 4 Winkeleisen von 1,1 Centimeter = 0,42″ Dicke und 7,8 Centimeter = 3,32″ Breite (Nr. 3) eingefaßten Blechwand (Tafel 16, Fig. 5 und 6) bestehen.

Kämpfer. — An den Bogenanfängen oder Kämpfern (Taf. 16) sind die Gurte nach einem Punkte zusammengeführt. Jeder Gurt ist hier durch 4 Winkeleisen (Nr. 1) auf der äußeren Seite verstärkt. Die Stellen, an welchen die Gurte mit einem Radius von 1,22 Meter = 4,3′ umgebogen sind, sind durch 2 Bleche von 1,0 Centimeter = 0,55″ Dicke und 60,2 Centimet. = 25,5″ Breite, welche durch 2 Winkeleisen (Nr. 1) gesäumt sind, verbunden. Zwischen dieser Verbindung und dem Ende sind noch 2 Steifen angebracht, um ein Ausbiegen der Gurte zu verhindern. Die Gurte werden zwischen den Stehblechen von 2 geschmiedeten Backenstücken gefaßt. Das äußere ruht unmittelbar auf einem Stützkeile, welcher auf der dem Bogen zugekehrten Seite cylindrisch ist, um ein Drehen der Bogenenden zu gestatten. Diese Backenstücke sind durch scharf eingepaßte Schraubenbolzen von 3,9 Centimeter = 1,66″ Dicke mit den Horizontalblechen der Gurte verschraubt. Damit beide Schnittflächen dieser Bolzen gleichstark beansprucht werden, sind beide Backenstücken durch ein Keilpaar verbunden, welches dem Stützkeil gegenüberliegt. An die Stehbleche sind geschmiedete Seitenbacken angeschlossen, welche sich ebenfalls auf den Stützkeil aufsetzen. Mit dem äußeren Backenstücke sind diese Seitenbacken fest verschraubt. Um die Höhe des Trägers zu erhalten, sind in den Bogenanfängen dreieckige, durch Winkeleisen und ein Horizontalblech (Nr. 1) gesäumte Zwickelplatten auf die Gurte gesetzt und mit gußeisernen Platten, welche auf dem Widerlager ruhen, verschraubt.

Stützen. — Zur Unterstützung der Querträger sind auf den oberen Gurt über den Steifen Stützen aufgesetzt, welche denselben Querschnitt haben, wie die Stützen, und gleichsam die Fortsetzung derselben bilden. Mit dem Obergurte sind dieselben durch schiefe Winkeleisen und Schrauben (Tafel 16, Fig. 10) verbunden.

Horizontalverbindung. — Die Stützen sind am oberen Ende durch einen Gurt verbunden, welcher aus einem Horizontalbleche von 1,3 Centimeter = 0,55″ Dicke und über den äußeren Bogen 59,5 Centimeter = 25,2″ Breite, über dem mittleren 88,9 Centimeter = 37,7″ Breite und außerdem aus 2 Winkeleisen von 1,3 Centimeter = 0,55″ Dicke, 9,2 Centimeter = 3,88″ Breite (Nr. 2) bestehen. Diese Gurte sind mit den oberen Bogengurten vernietet und ruhen auf den Pfeilern auf verankerten, gußeisernen Kasten, welche eine Bewegung in der Längs- und Höhenrichtung zulassen. Die Stützen sind außerdem auf beiden Seiten durch T Eisen (Nr. 3) verbunden.

Querträger. — Diese sind 1,883 Meter = 6,65′ von einander entfernt; sie schließen sich theils an die Steifen, theils an die Stützen an. Sie bestehen aus einem 1,0 Centimeter = 0,42″ dicken, 44 Centimeter = 18,8″ hohen Bleche mit Gurten aus Winkeleisen von 1,1 Centimeter = 0,42″ Dicke, 7,8 Centimeter = 3,32″ Breite (Nr. 3) und einem Horizontalbleche von 1,3 Centimeter = 0,55″ Dicke, 17,0 Centimeter = 7,2″ Breite. Zur Erhaltung der verticalen Lage der Querträger sind die oberen Gurte derselben durch Winkeleisen (Nr. 2) verbunden, welche vertical über den Winkeleisen der oben beschriebenen Horizontalverbindung liegen.

Schwellenträger. — Die Querschwellen werden von Schwellenträgern getragen, welche aus zwei E Eisen von 19,6 Centimeter = 8,3″ Höhe und 3,77 Meter = 13,3′ Länge (Tafel 16, Fig. 9) zusammengesetzt sind (Tafel 17, Fig. 4). Die E Eisen sind in Entfernungen von 0,94 Met. = 3,32′ durch Schrauben von 2,0 Centimeter = 0,83″ Bolzendicke verbunden. Die Stöße wechseln ab. Diese Schwellenträger gehen continuirlich durch Oeffnungen in den Querträgern hindurch und sind mit den Querträgern durch Winkeleisen verbunden. Auf den Pfeilern ruhen sie auf gußeisernen Unterlagsplatten. Die Bolzenlöcher sind, außer in der Mitte eines jeden E Eisens, länglich, um eine Längenänderung durch Temperaturveränderungen zuzulassen.

Belag. — Die Schienen ruhen auf eichenen Querschwellen von 22,2 Centimeter = 9,4″ Höhe, 23,5 Centimeter = 10,0″ Breite und 0,942 Meter = 3,32′ Entfernung. Die Querschwellen ruhen auf den Schwellenträgern und an den Enden noch auf eichenen Längsschwellen von 28,8 Centimeter = 12,2″ Höhe, 15,7 Centimeter = 6,6″ Breite. Diese Längsschwellen ruhen auf Platten, welche an die Querträger angenietet sind und außerdem zum Anschluß für die Windstreben dienen. Die Schienen sind auf jeder Querschwelle durch eine Unterlagsplatte und 2 Schraubenbolzen befestigt. Zwischen den Schienen liegen eichene Längsbohlen

von 7,8 Centimeter = 3,3″ Dicke mit Zwischenräumen von 1,3 Centimeter = 0,6″. Auf diesen liegen kieferne Querbohlen von 5,2 Centimeter = 2,2″ Dicke.

Querverstrebung. — Die Gurte der drei Bogenträger sind an den Stellen, wo sie nicht schon durch Querträger verbunden sind, durch Horizontalsteifen verbunden (Tafel 15 und 17). Diese bestehen aus einem Verticalbleche von 1,0 Centimeter = 0,42″ Dicke, 23,5 Centimeter = 10,0″ Höhe, welches durch Winkeleisen (Nr. 3) eingefaßt ist. Zwischen den beiden Horizontalsteifen und zwischen der oberen Horizontalsteife und dem Querträger liegen Kreuze aus Flacheisen von 1,3 Centimeter = 0,55″ Dicke, 11,8 Centimeter = 5,0″ Breite. Diese schließen sich an Dreiecksplatten an, welche mit den Querträgern, Horizontalsteifen, Steifen und Stützen verbunden sind.

Windverstrebung. — Unter den Querträgern und zwischen den unteren Gurten der Bogenträger sind Windverstrebungen angebracht (Tafel 15, Fig. 2). Die Windstreben bestehen aus Flacheisen von 1,3 Centimeter = 0,55″ Dicke, 10,5 Centimeter = 4,4″ Breite, welche mit 2 Nieten (Nr. 1) an Platten genietet sind, welche unter die Querträger und unter die unteren Horizontalsteifen genietet sind (Tafel 17, Fig. 3). Die Stäbe wurden vor dem Nieten auf eine etwa 34° C. höhere Temperatur gebracht, dadurch um $^1/_{2540}$ ihrer Länge ausgedehnt und somit mit 800 Kilogr. pro Quadratcentimeter = 8970 Pfund pro Quadratzoll (etwa $^1/_5$ der Zugfestigkeit) angespannt. Die unteren Windstreben sind an den Kreuzungsstellen miteinander vernietet, die oberen Windstreben sind durch Klammern mit den Querträgern verbunden.

Widerlager. — Der Stützkeil ruht auf einem gußeisernen Kasten, welcher im Mauerwerk der Pfeiler liegt, und so eingerichtet ist, daß er den Druck auf eine möglichst große Fläche vertheilt. Der Kasten ist mit Cement gefüllt. Der Stützkeil ist 20,9 Centimeter = 8,86″ breit und ebenso hoch; die untere Fläche hat eine Steigung von $^1/_{42}$. Er wird durch zwei Seitenkeile in seiner richtigen Lage fest gehalten. Auf dem Mauerwerk liegen neben dem Kasten noch zwei gußeiserne Platten, auf welche sich durch Hilfskeile die zwei gußeisernen Platten legen, welche an den Zwickeln der Bogenanfänge festgeschraubt sind.

Anstrich. — Die einzelnen Eisentheile wurden sofort nach der Vollendung in ein Bad von verdünnter Salzsäure gebracht, dann in Kalkwasser getaucht, hierauf in warmem Wasser abgespült und zuletzt mit Leinölfirniß überstrichen. Vor dem Versenden wurden sie noch mit einem Oelfarbenanstrich von Englischroth versehen. Nach dem Aufstellen erfolgte das Reinigen, Ausbessern des Anstrichs, Verstreichen der Fugen mit Mennigkitt und sodann ein zweiter Anstrich mit derselben Oelfarbe. Wegen des letzten Anstriches wurden bei meiner Besichtigung noch Proben gemacht.

Mauerwerk. — Die runden Köpfe der Mittelpfeiler, die Vorlagen an den Endpfeilern, die Widerlager für die Bögen und die Gesimse sind aus Basaltlava aus Niedermendig hergestellt. Die geraden Außenflächen des Mauerwerkes und das innere Mauerwerk bestehen aus sehr lagerhaften Grauwackenbruchsteinen, wobei die vorderen Schichten in Portlandcement gelegt sind.

Gründung. — Den Grund bildet fester Grauwacken- und Thonschiefer, welcher ziemlich horizontal unter dem Bette des Rheins, ungefähr 23,4 Meter = 83′ unter der Schienenoberkante, hinstreicht. Auf diesem ruht eine Kiesschicht von 1 bis 6 Meter oder 3 bis 20 Fuß Dicke. Der linksseitige Uferpfeiler steht zum größten Theile im Ufer und ist durch einen Leinpfad geschützt. Der rechtsseitige Uferpfeiler ist weit in den Strom vorgeschoben und ebenfalls durch ein vorgelegtes Parallelwerk geschützt. Die beiden Strompfeiler ruhen direct mittels Betonfundamenten auf dem Felsen.

Gewicht. — Das Gewicht der einzelnen Theile einer ganzen Oeffnung und für beide Geleise ist folgendes:

Beide äußere Bogenträger, incl. Stützen	501520 Pfd.
Innerer Bogenträger desgl.	432407 „
Quer- und Schwellenträger	214092 „
Querverstrebungen	51633 „
Windverstrebungen	19766 „
Widerlager	68313 „
Holzwerk	210600 „
Schienen	2600 „
Summa	1500931 Pfd.

Das Gewicht der verschiedenen Materialien ist:

Walzeisen	1191123 Pfund,
Schmiedeeisen	24497 „
Gußeisen	72111 „
Holz	210600 „
Schienen	2600 „
Summa	1500931 Pfund.

Hiernach beträgt das Gewicht pro 1 Geleis:

excl. Holz und Schienen 3330 Kilogr. pro Meter = 1886 Pfund pro Fuß,

incl. Holz und Schienen 3882 Kilogr. pro Meter = 2198 Pfund pro Fuß.

Das Gewicht einer geraden Gitterbrücke von derselben Spannweite ist excl. Holz und Schienen ungefähr 3600 Kilogr. pro Meter.

Belastung. — Als zufällige Last ist für ein Geleis 3186 Kilogr. pro Meter = 1800 Pfund pro Fuß angenommen und bei der Berechnung diejenige Belastungsweise vorausgesetzt, welche die gefährlichste Beanspruchung herbeiführt.

Festigkeit. — Als Sicherheitscoefficient ist bei den Bogenträgern 643 Kilogr. pro Qu.-Centimeter = 7165 Pfd. pro Quadratzoll angenommen, was einer etwa 6fachen Bruchsicherheit entspricht. Bei den Quer- und Schwellenträgern ist nur 552 Kilogr. pro Quadratcentimeter = 6153 Pfund pro Quadratzoll als Sicherheitscoefficient angenommen, was einer etwa 7fachen Bruchsicherheit entspricht. Das Steinmaterial im Maximum mit 7 Kilogr. pro Qu.-Centimeter = 77 Pfund Druck pro Quadratzoll beansprucht.

Probe. — Beim Ueberfahren eines Zuges, welcher aus 2 Locomotiven, je zu 926 Ctrn. incl. Tender und 11 Wagen, je zu 300 Ctrn., bestand, zeigte der Scheitel der 3 Bögen folgende Senkungen: wenn 1 Geleis belastet war, bezüglich 0,082 Centimeter, 1,472 Centimeter, 2,670 Centimeter = 0,036″, 0,64″, 1,16″, und wenn beide Geleise belastet waren, 2,724 Centimeter, 3,024 Centimeter, 2,724 Centimeter = 1,18″, 1,31″, 1,18″. Die Verschiedenheit in der Geschwindigkeit der Züge hatte keinen bemerkbaren Einfluß.

Ingenieure. — Die specielle Bauleitung hatte Herr Baumeister Schwarz. Die specielle Ausarbeitung des Entwurfes erfolgte anfangs vom Herrn Baumeister Sternberg (jetzigem Baurath und Professor an der polytechnischen Schule in Carlsruhe), später vom Herrn Ingenieur Bendel. Die Zeichnungen zu den Steinconstructionen wurden vom Herrn Baumeister Dreling angefertigt.

II. Bauausführung.

Der Bau wurde im April 1862 begonnen.

Gründung der Uferpfeiler. — Die beiden Uferpfeiler boten keine Schwierigkeit. Es wurden Pfahlwände von 26 Centimeter = 11″ Dicke bis auf den Felsen getrieben, der Kies einige Fuß ausgebaggert und sodann der Beton eingebracht. Eine Unterwaschung war wegen des vorgelegten Leinpfades und Parallelwerkes nicht zu befürchten.

Gründung des linken Mittelpfeilers. — Hier ist die Kiesschicht etwa 5,2 Meter = 18′ hoch. Der Kies wurde 1,9 Meter = 6,7′ tief ausgebaggert und eine Pfahlwand bis auf den Felsen geschlagen. Um diese Pfahlwand wurden die Pfähle für das Rammgerüst geschlagen, welche dicht über dem Boden durch Zwingen und diagonale Zugbänder mit den Pfahlwänden verankert wurden, um die Pfahlwände nach dem erfolgten Ausbaggern gegen den äußeren Erddruck zu schützen. Innerhalb der Pfahlwand wurde der Kies theils durch Baggern, theils durch Taucher beseitigt und die 3,7 Meter = 13′ hohe Betonschüttung eingebracht. Für die hierauf folgende Mauerung wurde ein Betonfangdamm gebildet.

Gründung des rechten Mittelpfeilers. — Hier ist die Kiesschicht nur 0,8 Meter = 2,8′ hoch, die Strömung sehr stark und die Wassertiefe sehr groß, nämlich bei Mittelwasser 6,3 Meter = 22′, wodurch die Herstellung des Betonkastens sehr erschwert wurde. Die Stelle wurde mit offenen, versenkten Holzrüstungen umschlossen. Zur Versenkung wurde jede der beiden Längsrüstungen zwischen 2 Schiffen auf provisorischen Querträgern erbaut; sodann wurden die Schiffe durch 2 Dampfboote an Ort und Stelle gebracht und sehr kräftig verankert. Hierauf wurde das Gerüst durch 4 Hebeladen gesenkt. Anfangs sank das Gerüst ohne Belastung 2,5 Meter = 8,8′ tief; dann wurde der untere und zuletzt der obere Boden mit Steinen beschwert. An der inneren Seite wurden nun Pfahlwände bis auf den Fels geschlagen, wozu an der Rüstung oben und unten Zwingen angebracht waren. Zwischen diese Längsrüstungen legte man ein Floß, erbaute auf demselben die obere Querrüstung, brachte dieselbe durch successives Herausziehen der Floßbalken zum Schwimmen und versenkte es sodann, wie die Seitenrüstungen. Sodann wurde die obere Querpfahlwand geschlagen. Ebenso wurde die Baugrube auf der unteren Seite geschlossen, und zwar, da die Strömung beseitigt war, mit größerer Leichtigkeit.

Betonirung. — Der Beton wurde für die Uferpfeiler und den linken Mittelpfeiler aus Traßmörtel hergestellt; für den rechten Mittelpfeiler aber wurde Portlandcement verwendet, weil dieser eine größere Härte annimmt, was hier nöthig war, da die Pfahlwände nach Beseitigung der Rüstungen wegen der geringen Kieshöhe ebenfalls beseitigt werden mußten. Der Beton wurde durch Trichter in bekannter Weise eingebracht.

Mauerung. — Im November 1862 wurde mit der Mauerung begonnen. Die Pfeiler wurden bis zur Bahn ausgeführt. In den hierzu nöthigen Pfeilerrüstungen wurden Schlitze zur Hebung der Bogenträger ausgespart. Im Juni 1863 konnte mit dem eisernen Uferbaue begonnen werden.

Arbeit in den Werkstätten. — In den Werkstätten der Unternehmer wurden die halben Bögen zugelegt, zusammengepaßt und vernietet, die Nieten in der Mitte aber ausgelassen, so daß vollständig fertige Viertelbögen entstanden.

Vereinigung der Viertelbögen. — Oberhalb des rechten Uferpfeilers wurde im Wasser eine Zulegerüstung mit einem freien Längencanale und 4 Quercanälen erbaut. Die mit den Viertelbögen beladenen Schiffe fuhren in den Längencanal; durch Laufkrahne wurden die Viertelbögen abgehoben und durch Schiffe, welche in die Quercanäle fuhren, auf der Zulegerüstung in verticaler Lage abgelegt. Je zwei Viertelbögen wurden nun in dieser Lage zu einem Halbbogen zusammengenietet.

Mittelrüstungen. — In der Mitte einer jeden Oeffnung wurde eine Rüstung zur Stützung und Zusammen-

setzung der Halbbögen im Scheitel erbaut. In den beiden rechtsseitigen Oeffnungen wurde die Mittelrüstung auf Senkrüstungen und dazwischen bis auf den Felsen eingeschlagenen Pfählen erbaut. Vor Einbringung der Bögen hatten die Mittelrüstungen eine geringe Höhe, um die Bögen bequem darauf ablegen zu können.

Transport der Halbbögen. — Die Halbbögen wurden einzeln auf Schiffe, welche in die Quercanäle fuhren, geladen. Die Schiffe waren vorher theilweise mit Wasser gefüllt, um durch Auspumpen desselben die Bögen von der Rüstung abheben zu können. Auf diesen Schiffen hingen die Halbbögen in starken Böcken. Durch ein Damfboot wurden sie an die entsprechende Stelle geschleppt; sodann wurde der Halbbogen fixirt und unterbaut und nun die Schiffe durch Einlassen von Wasser gesenkt und so entlastet.

Hebung der Bögen. — Nachdem die 6 Halbbögen in verticaler Stellung abgelegt waren, wurde die Mittelrüstung mit entsprechenden Schlitzen zum Heben der Bögen vollendet. Zur Hebung waren auf jeder Pfeiler- und Mittelrüstung 3 starke hydraulische Pressen aufgestellt und die Hebung wurde durch starke Gliederketten bewirkt. Hierauf erfolgte die Verbindung der Halbbögen im Scheitel durch die vorher weggelassenen Gurtungsplatten und Winkeleisen. Die Bögen ruhten hierbei auf den Mittelrüstungen auf starken Kopfschrauben.

Vollendung des eisernen Ueberbaues. — Nach Verbindung der Halbbögen im Scheitel wurden die Querträger, soweit es die Mittelrüstung gestattete, fest vernietet und die übrigen fest verschraubt, die Keile an den Widerlagern eingesetzt, sodann die Schrauben, auf welchen die Bögen ruhten, gesenkt, und die Pfeiler- und Mittelrüstungen beseitigt. Die übrigen Verbindungen wurden auf Schiffen unter die entsprechende Stelle gefahren und durch Flaschenzüge ꝛc. gehoben.

Unternehmer. — Die Ausführung des eisernen Ueberbaues wurde der Cölnischen Maschinenbau-Actiengesellschaft und Herrn Harkort in Harkorten übertragen.

Kosten. — Die Unternehmer lieferten den eisernen Ueberbau im Preise von 7,5 Thaler pro 100 Pfund Schmiede- und Gußeisen, wobei die Gerüste von der Eisenbahnverwaltung, die erforderlichen Maschinen aber von den Unternehmern zu beschaffen waren. Die Kosten der ganzen Brücke, von den Widerlagsmauern der gewölbten Werftbrücke auf dem linken Ufer bis hinter den casemattirten Pfeiler auf dem rechten Ufer betragen ungefähr 900000 Thaler.

Einweihung. — Die Einweihung erfolgte am 9. Mai 1864 und am 1. Juni 1864 wurde die Brücke dem öffentlichen Verkehre übergeben.

Studien über die Filtration des Wassers im Großen und Theorie derselben.

Von

Dr. Th. Weiß, Lehrer an der polytechnischen Schule in Dresden.

(Fortsetzung. Hierzu Fig. 1—7 auf Tafel 13.)

Ueber die natürliche Filtrationsanlage in Nottingham sagt Dumont auf Seite 257 seines Werkes:

„Das Wasser des Trentflusses wird in ein an den Ufern desselben und in Felsen eingehauenes Bassin gehoben. Dieses Wasser wird auf natürliche Weise geklärt, indem es in eine 4 Fuß (engl.) weite, aus Ziegeln ohne Mörtel und ohne Cement gebaute Gallerie dringt. Die Sohle dieser Gallerie liegt 7 bis 8 Fuß unter dem Mittelwasser des Flusses. Die natürliche Filtration hat vollständigen Erfolg gehabt."

Ueber dieselbe Anlage sagt Becker in seinem Werke: „Ausgeführte Constructionen ꝛc. Seite 164":

„An den Ufern des Trentflusses, etwa 1600 Meter von der Stadt entfernt, ist ein weites Reservoir im Sande ausgegraben und mit Trockenmauern verkleidet. Die Entfernung der nächsten Mauer vom Flusse beträgt etwa 45 Meter. Das Wasser durchsickert die Sandschicht und gelangt rein in das Reservoir. Da dasselbe jedoch nicht überwölbt ist, so entwickelt sich im Sommer eine reiche Vegetation, und eine öftere Reinigung ist dringend nöthig.

Außer diesem Reservoir hat man noch eine kreisförmig gewölbte Gallerie aus Backsteinen ausgeführt, welche in das Reservoir einmündet. Dieselbe hat einen Durchmesser von 1,2 Meter und eine Stärke von 2 Backsteinen; sie

kostete 41 Fr. 50 Cent. pro laufenden Meter sammt Ausgrabung auf 3,6 Meter Tiefe."

Ueber die Anlage in Perth führt Becker an:

„In dem Bette des Tay, oberhalb der Stadt Perth, befindet sich eine Insel von etwa 151 Meter Länge und 80 Meter Breite.

Auf dieser Insel hat man eine 90 Meter lange Gallerie ausgeführt mit einer Breite von 1,25 Meter und einer Höhe von 2,7 Meter. Das Gewölbe ist mit Erde auf 1,5 Meter Stärke bedeckt. Die Sohle der Gallerie liegt 3,5 Meter unter dem Niveau des Mittelwassers. Die oberen Theile der Gallerie sind in hydraulischem Mörtel gemauert, der untere Theil dagegen besteht aus Trockenmauer. Die von der Gallerie durchschnittenen Erdlagen bestehen: 1) aus Kies mit Sand und 2) aus Sand mit Wacken.

Die Wassermenge in 24 Stunden erhebt sich bis auf 2700 Cubikmeter oder 15 Cubikmeter pro Quadratmeter. Die Qualität des filtrirten Wassers bleibt sich bei jedem Wasserstande gleich." —

Nachdem ich somit ein ausführliches, und zwar, um die im Eingange meines Artikels erwähnten Widersprüche besser kenntlich zu machen, ein möglichst wortgetreues Referat von den Ansichten verschiedener Schriftsteller und ausübender Ingenieure gegeben habe, und indem ich noch erwähne, daß zufolge A. Fölsch's Bericht über die Wasserversorgung Dresdens (Seite 39), wie zufolge der Denkschrift des Stadt-Bauamtes zu Wien (1861), die Filtrationsanlagen nach natürlichem Systeme in Wien und Glasgow mißlungen sind, gehe ich dazu über, die beschriebenen ausgeführten Anlagen einer genaueren Untersuchung, und die mitgetheilten Ansichten einer Kritik zu unterwerfen, und glaube zu dem Ende am zweckmäßigsten zu verfahren, wenn ich zunächst einige theoretische Erörterungen anstelle, d. h. die bei der Filtration überhaupt auftretenden Vorgänge mit Hilfe von wissenschaftlichen Grundsätzen näher beleuchte.

Diese Erörterungen können derartig angestellt werden, daß sie eine Theorie der Filtration repräsentiren, d. h. eine Theorie, durch welche für jene bei der Filtration auftretenden Vorgänge ein Maaßstab gewonnen wird, durch welche die gegenseitigen Beziehungen der bei der Filtration zur Geltung gelangenden Größenverhältnisse durch einen mathematischen Formelausdruck symbolisch kenntlich gemacht werden, und durch welche unter Herzuziehung versuchsmäßig zu ermittelnder Unterlagen die hauptsächlichsten Größenverhältnisse einer Filtrationsanlage sich berechnen lassen.

Theorie der Filtration.

Eine Theorie der Filtration muß Aufschluß darüber geben, in welcher besonderen Weise die Vorgänge des Filtrirens verlaufen, muß erkennen lassen, in welcher Weise diese Vorgänge von der Construction des Filters beeinflußt werden, und muß in ihrer höchsten Entwickelung einen mathematischen Ausdruck liefern, mit welchem die Ergiebigkeit eines Filters aus dessen Dimensionen genau berechnet werden kann.

Um eine derartige Theorie zu entwickeln, kann ich die Betrachtungen, welche sich über das Absondern der Schmutztheile aus dem Wasser und über das Zurückbleiben derselben an den einzelnen Bestandtheilen des Filterstoffes anstellen lassen, übergehen, brauche ferner nur zu erwähnen, daß sich's bei der Filtration, soweit wir sie hier in Untersuchung ziehen, nicht um Beseitigung chemischer Solutionen, sondern ausschließlich mechanischer, und zwar fester mechanischer Beimengungen handelt, und wende mich daher sofort zu den Erörterungen über die Bewegung des Wassers durch die Filterschichten, indem ich dabei zunächst von den Grundsätzen der Hydraulik ausgehe und den einfachsten Fall in Betracht ziehe.

Ich nehme an, das Filter bestehe aus weiter nichts, als aus einer Lage Sand a b c d (Fig. 1 Taf. 13), über welcher das Wasser bis zu einer Höhe e f steht. Ich nehme ferner an, sowohl die obere, als die untere Begrenzungsfläche des Sandkörpers sei horizontal und der Sandkörper selbst befinde sich ohne weitere Unterstützung in einem rechteckigen Kasten. Das Wasser wird aus der unteren Fläche abfließen und zwar aus einem Ausflußquerschnitte, von dessen Gestalt und Größe man eine Vorstellung erhält, wenn man Körner gröberen Sandes auf dem Tische ausbreitet und derartig gruppirt, daß an keiner Stelle zwei davon übereinanderliegen, daß sich aber alle seitlich auf das Innigste berühren. Die Gesammtsumme der wahrgenommenen Zwischenräume ist der Ausflußquerschnitt.

Ebenso wie von diesem Ausflußquerschnitte kann man sich eine Vorstellung auch von den Gängen oder Canälen bilden, durch welche das Wasser im Sande abwärts fließt, sobald man mehrere Schichten der eben beschriebenen Art übereinandergelegt denkt und beachtet, daß jedes Sandkorn mehr oder weniger die Gestalt eines Ellipsoides hat. Eine zweite Lage Sandkörner wird nämlich auf der ersten so liegen, daß die Körner derselben über die Zwischenräume der ersten fallen. Die Körner einer dritten werden ebenso über den Zwischenräumen einer zweiten gruppirt sein, und so fort. Die verticale Aufeinanderfolge der in den verschiedenen Horizontalschichten vorkommenden Zwischenräume ist alsdann der Weg, welchen das zu filtrirende Wasser durchläuft.

Man kann sich denken, daß dieser Gesammtweg aus einer größeren Anzahl nebeneinanderliegender Canäle oder Röhren zusammengesetzt sei. Jeder dieser Canäle wird eine Gestalt haben, wie sie Fig. 2 darstellt, oder, wenn man eine größere Regelmäßigkeit in der Form der Sandkörner

annimmt, eine Gestalt, wie sie durch Fig. 3 veranschaulicht ist. Aber ein solcher Canal wird mit seiner ganzen Ausdehnung nicht in ein und derselben Ebene liegen, sondern eine doppelt gekrümmte Form haben.

Seien diese letztgenannten Umstände übrigens vorläufig, wie man will, so sieht man, daß man es damit zu thun haben wird, das Wasser auf seiner Bewegung durch einen beliebig verlaufenden Canal zu verfolgen, und daß man, um den Widerstand, welchen der Sandkörper demselben entgegensetzt, zu ermitteln, die Widerstände zu berücksichtigen hat, welche in beliebig geformten und beliebig verlaufenden Canälen auftreten.

Diese Widerstände sind und werden berechnet:

a. Der Reibungswiderstand.

Sein Einfluß oder seine Mitwirkung auf die Bewegungsvorgänge pflegt durch eine Wasserhöhe h_r gemessen und in Rechnung gezogen zu werden, um welche die effective Druckhöhe H, d. h. der verticale Abstand des Wasserspiegels von der Ausflußöffnung, vermindert werden müßte, wenn die Ausflußgeschwindigkeit ohne die verzögernde Einwirkung des Reibungswiderstandes nicht größer sein sollte, als sie bei Vorhandensein dieses Widerstandes thatsächlich ist. Experimentell hat sich ergeben, daß diese Höhe h_r berechnet werden kann durch:

$$h_r = \zeta \frac{u_m}{q_m} l \frac{v_m^2}{2g},$$

sofern:

ζ den Reibungscoefficienten,
u_m den mittleren Umfang
q_m den mittleren Querschnitt } des Canales,
l die Länge
v_m die mittlere Geschwindigkeit im Canale,
g die bekannte Zahl 9,81 für die Fallbeschleunigung oder für das Maaß der Erdattraction

bedeutet.

Es versteht sich von selbst, daß auf die kleinen Abweichungen verschiedener solcher empirischer Formeln hier nicht eingegangen werden kann.

b. Der Widerstand beim Eintritt aus dem weiteren Behälter in die engere Röhre.

Er wird durch eine Druckhöhe h_1 von ganz analoger Bedeutung, wie die vorige gemessen, und diese Höhe wird berechnet durch:

$$h_1 = \zeta_1 \frac{v_1^2}{2g},$$

ζ_1 Coefficient,
v_1 Geschwindigkeit im Einströmungsquerschnitt.

c. Der Widerstand, welcher durch eine plötzliche Querschnittserweiterung entsteht.

$$h_e = \left(\frac{q_w}{q_e} - 1\right)^2 \frac{v_e^2}{2g} = \zeta_e \frac{v_e^2}{2g}.$$

q_w weiter Querschnitt,
q_e enger Querschnitt, welcher dicht vor q_w liegt,
v_e Geschwindigkeit in q_e.

d. Der Widerstand, welcher durch eine plötzliche Querschnittsverengung entsteht.

$$h_v = \left(\frac{1}{\varphi} - 1\right)^2 \frac{v_v^2}{2g} = \zeta_v \frac{v_v^2}{2g}.$$

φ Contractionscoefficient.
v_v Geschwindigkeit in der Verengung.

e. Der Widerstand, welcher durch plötzliche Richtungsänderungen oder durch Krümmungen des Canales entsteht.

$$h_k = \zeta_k \frac{v_k^2}{2g}.$$

ζ_k Coefficient, dessen Betrag von der Größe des Ablenkungswinkels, resp. von dem Radius der Krümmung abhängt, und für welchen hier nicht weiter zu erörternde empirische Formeln existiren.
v_k Geschwindigkeit in der Krümmung oder Ablenkung.

Wären alle diese Widerstände nicht vorhanden, so würde die Ausströmungsgeschwindigkeit sich berechnen durch:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gH}, \quad \ldots \quad (1)$$

sofern

v_0 die Geschwindigkeit eines nach abwärts strömenden Theilchens im oberen Wasserspiegel

bedeutet.

In Wirklichkeit ist dieselbe aber zufolge der oben von der Reibungshöhe gegebenen Definition:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2g\,[H - h_r - h_1 - h_e - h_v - h_k]}.$$

Da nur die Vorgänge betrachtet werden sollen, welche während des Beharrungszustandes, d. h. während des Zustandes auftreten, während dessen durch sämmtliche Querschnitte zu derselben Zeit gleiche Gewichtsmengen, oder auch gleiche Volumina Wasser fließen, so ist

$$v_m = \frac{q}{q_m} v, \quad v_1 = \frac{q}{q_1} v, \quad v_e = \frac{q}{q_e} v \text{ etc.},$$

wenn

q den Ausflußquerschnitt bezeichnet.

Es wird daher unter Berücksichtigung noch des Umstandes, daß im Allgemeinen eine Summe Σ von plötzlichen Querschnitts- und Richtungsänderungen vorkommt:

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2gH}{1 + \zeta \frac{u_m}{q_m}\left(\frac{q}{q_m}\right)^2 l + \zeta_1 \left(\frac{q}{q_1}\right)^2 + \Sigma \zeta_e \left(\frac{q}{q_e}\right)^2 + \Sigma \zeta_v \left(\frac{q}{q_v}\right)^2 + \Sigma \zeta_k \left(\frac{q}{q_k}\right)^2}} \quad . . (2)$$

Diese Geschwindigkeit ist diejenige, mit welcher das Wasser aus einem einzigen der gedachten kleinen Canäle abfließt. Für einen anderen, oder für die übrigen wird sie sich zwar durch eine Formel von derselben allgemeinen Gestalt berechnen lassen, aber verschieden groß ausfallen. In der That ist auch schnell einzusehen, daß sie für einen Canal, der ziemlich gerade und ohne erhebliche Querschnittsänderung durch den Sandkörper geht, viel größer sein wird, als für einen, der sich in längeren Windungen durch den Sandkörper hinschlängelt.

Es würde selbstverständlich nicht gut möglich sein, auf diese Verschiedenheit umfassende und allseitige Rücksicht zu nehmen; man muß sich vielmehr mit einem Mittelwerthe begnügen, d. h. mit einem Werthe, der entstehen würde, wenn man die Geschwindigkeiten sämmtlicher Canäle genau berechnete, dieselben summirte und durch die Anzahl der Canäle dividirte, oder einem Werthe, welcher, wie man sagen kann, der Geschwindigkeit desjenigen Canales entspricht, bei welchem bezüglich der Widerstände mittlere Verhältnisse auftreten.

Wäre der bei obiger Rechnung in Betracht gezogene Canal ein solcher, so würde die der ganzen Ausströmungsöffnung, also der Summe der Ausströmungsöffnungen sämmtlicher Canäle entsprechende Geschwindigkeit V ohne Weiteres:

$$V = v$$

gesetzt werden können. Die Ausflußmenge $\mathfrak{B}$ pro sec. würde dann, wenn:

Z die Anzahl der gedachten kleinen Canäle bedeutet,

$$\mathfrak{B} = Z \,.\, q \,.\, V = Z \,.\, q \,.\, v,$$

und der Ergiebigkeitsgrad oder die Intensität

J, d. h. die pro Quadratmeter der unteren Filterfläche F und pro 24 Stunden ausfließende Wassermenge in Cubikmetern:

$$J = 24 \,.\, 3600 \frac{\mathfrak{B}}{F} = 24 \,.\, 3600 \frac{Z \,.\, q}{F} \, v.$$

Versteht man wirklich unter v diese mittlere Geschwinkeit, in welchem Falle man nur Rücksicht auf die Wahl der dieser Voraussetzung entsprechenden Werthe von u_m, q_m, l ꝛc. der Gleichung (1) zu nehmen hat, und setzt man $\frac{Zq}{F} = \varepsilon$, so daß

ε einen Bruch bedeutet, welcher angiebt, den wievielten Theil von der ganzen unteren Fläche des Filters die Zwischenräume einnehmen,

versteht man endlich unter

F_0 die Oberfläche des über dem Filter stehenden Wasserspiegels in Quadratmetern,

so daß alsdann:

$$v_0^2 = \left(\frac{\varepsilon F}{F_0}\right)^2 . \, v^2$$

zu schreiben sein würde, so ergiebt sich

$$J = 382750 \,.\, \varepsilon \sqrt{\frac{H}{1 + \zeta \frac{u_m}{q_m}\left(\frac{q}{q_m}\right)^2 l + \zeta_1 \left(\frac{q}{q_1}\right)^2 + \Sigma \zeta_e \left(\frac{q}{q_e}\right)^2 + \Sigma \zeta_v \left(\frac{q}{q_v}\right)^2 + \Sigma \zeta_k \left(\frac{q}{q_k}\right)^2 - \varepsilon^2}} \quad . . (3)$$

In diese ganz allgemeingiltige Formel können nun für die unbekannten Größen q, q_m, u_m, l ꝛc. folgende Beträge eingesetzt werden.

Zunächst würde es zweckmäßig sein, die ganze Höhe H in

H_1, d. h. diejenige Höhe in Metern, um welche das Wasser über dem Filter steht, und

H_2, d. h. diejenige Höhe in Metern, welche die Sandschicht hat, welche also der Dicke des Filters gleichkommt,

zu zerlegen, also

$$H = H_1 + H_2$$

zu setzen.

Alsdann ist offenbar die Länge l des Weges, welchen ein Wassertropfen zu durchlaufen hat, ein gewisses Vielfaches von der Höhe H_2, oder im Allgemeinen eine gewisse Function von dieser Höhe, so daß

$$l = f\,(H_2)$$

geschrieben werden kann, sofern man unter f ein Functionszeichen versteht.

Ebenso wie diese Länge ist auch die Summe Σ der Ablenkungen, Krümmungen und plötzlichen Querschnittsveränderungen eine Function von H_2 und daher auch

$$\Sigma = \mu \,.\, \varphi\,(H_2)$$

zu setzen.

Der Querschnitt q_1, durch welchen das Wasser einströmt, ist in dem hier betrachteten einfachen Falle, in welchem die gesammte untere der gesammten oberen Fläche des Filters gleichgesetzt, und eine Homogenität des Sandkörpers angenommen wird, wahrscheinlich dem Querschnitt q gleich, durch welchen die Ausströmung erfolgt, und der Coefficient ζ_1 kann, weil die Sandkörner abgerundet sind und dadurch einen allmäligen Uebergang vom ganzen Querschnitt F_0 in den kleineren q_1 bilden, der Null gleichgesetzt werden, so daß

$$\zeta_1 \left(\frac{q}{q_1}\right)^2 = 0$$

ausfallen würde.

Allein, ohne den Ausdruck bis zu diesem Grade zu specialisiren, werde

$$1 + \zeta_1 \left(\frac{q}{q_1}\right)^2 - \varepsilon^2 = \alpha \quad . \quad . \quad . \; (4)$$

gesetzt, und demnach unter α eine Größe verstanden, welche mit der Beschaffenheit des Filtermateriales sich nicht viel verändern und nur mit dem Verhältnisse der oberen und unteren Gesammt-Filterfläche ihren numerischen Betrag wechseln wird.

Alsdann kann man den Nenner der Formel (2)

$$= \alpha + \zeta \frac{u_m}{q_m} \left(\frac{q}{q_m}\right)^2 f\,(H_2) +$$

$$\left[\zeta_e \left(\frac{q}{q_e}\right)^2 + \zeta_v \left(\frac{q}{q_v}\right)^2 + \zeta_k \left(\frac{q}{q_k}\right)^2\right] \mu \,.\, \varphi\,(H_2)$$

$$= \alpha + \nu \,.\, f\,(H_2) + \omega \,.\, \mu \,.\, \varphi\,(H_2),$$

oder auch, da $\varphi\,(H_2)$ höchst wahrscheinlich nicht viel verschieden von $f\,(H_2)$ sein wird,

$$= \alpha + \beta \,.\, f\,(H_2),$$

schreiben, wo dann

β einen Coefficienten bedeutet, der mit der Beschaffenheit des Filterstoffes wechselt, für ein und denselben Filterstoff aber constant ist.

Statt Formel (3) würde dann gesetzt werden können:

$$J = 382750 \,.\, \varepsilon \sqrt{\frac{H_1 + H_2}{\alpha + \beta\, f\,(H_2)}} \quad . \quad . \quad . \; (5)$$

Zu dieser Formel muß bemerkt werden, daß ihre besondere Gestalt, wenn sie auch aus den mehr oder weniger gewagt erscheinenden Annahmen hervorgeht, welche bei ihrer Ableitung angewendet wurden, doch eine unantastbar correcte ist, da sie solchen wissenschaftlichen Grundsätzen entspricht, deren Richtigkeit füglich nicht bezweifelt werden kann.

Wenn die Bewegung des Wassers durch den Filterstoff nach den Fundamentalgesetzen der Hydraulik erfolgt, so muß die Intensität oder die Ausflußmenge aus der unteren Fläche des Filters, man mag nun die Aufeinanderfolge von Zwischenräumen in der Filterschicht als die Querschnitte von kleinen Canälen sich denken, oder irgend eine andere Vorstellung davon haben, jedenfalls, wie die Formel aussagt, direct proportional mit der Quadratwurzel aus der Druckhöhe $H = H_1 + H_2$, und verkehrt proportional mit einer Function von der Dicke der Filterschicht sein, übrigens aber selbstverständlich von empirischen Coefficienten abhängen, welche sich auf die besondere Beschaffenheit des Filterstoffes beziehen, und zwar in der Weise, wie ebenfalls Formel (5) angiebt.

Bringt man in einer Röhre, oder in einem Canale Constructionen an, welche der Bewegung des Wassers gewisse Widerstände entgegenstellen, so wird die Ausflußmenge allemal eine Abhängigkeit von der Druckhöhe und von den Größenverhältnissen dieser Constructionen haben, wie sie Formel (5) angiebt, diese Constructionen mögen sein, wie sie wollen, mögen in Verengungen, Erweiterungen und Richtungsänderungen bestehen, oder durch eine Sand- und überhaupt Filterschicht gebildet werden.

Stellt sich Dies durch das Experiment nicht heraus, so kann Ursache davon nur der Umstand sein, daß die Voraussetzungen nicht erfüllt sind, welche der Fundamental-Formel (1) (S. 180) der Hydraulik zu Grunde liegen.

Diese Voraussetzungen sind:

1) Der Unterschied der Spannungsintensitäten der äußeren Atmosphäre gegen Ausflußquerschnitt und Oberfläche des Wasserspiegels können vernachläßigt werden.
2) Die Hypothese vom Parallelismus der Schichten hat Giltigkeit, d. h.

die Bewegung des Wassers erfolgt derartig, daß, abgesehen von den Contractionserscheinungen, sämmtliche Querschnitte erfüllt sind, daß namentlich der Ausflußquerschnitt voll ausfließt, und daß im Beharrungszustande, von welchem hier überhaupt nur die Rede ist, dieselben Wassertheilchen, welche zu einer gewissen Zeit durch einen Querschnitt sich bewegten, in einer eben so großen späteren Zeitgröße durch den Ausflußquerschnitt treten.

Dieser Hypothese zufolge muß ein ununterbrochener Zusammenhang von Wassertheilchen zu Wassertheilchen bestehen, so daß namentlich die in verticaler Richtung geäußerten Einwirkungen von Theilchen zu Theilchen sich fortpflanzen können.

Ob diese letztgenannte Bedingung bei den Filtern jedesmal erfüllt wird, und ob demnach obige Formel ohne Modification Giltigkeit behält, soll zunächst erörtert werden.

Man denke sich zu dem Ende einen Behälter, dessen Boden durchlöchert ist (Fig. 4) und welcher unter sich eine größere Anzahl von verhältnißmäßig weiten Röhren hat und zwar derart, daß in jede dieser Röhren etwa 4 Löcher oder Durchbohrungen, von denen in der Zeichnung 2 sichtbar sind, münden. Wird dieser Behälter mit Wasser gefüllt, so entsteht ein Ausfluß aus den Durchbohrungen oder Löchern des Bodens, aber, wie leicht einzusehen, werden die Röhren nicht vollständig mit Wasser erfüllt werden und demnach auch nicht voll ausfließen. Nur wenn die Röhren vorläufig unten geschlossen oder zugehalten werden und längere Zeit zugehalten bleiben, kann ein voller Ausfluß sich bilden. Diese Erscheinung oder Thatsache erklärt sich dadurch, daß die Röhren ursprünglich mit Luft erfüllt sind und daß diese Luft auf die ausfließenden kleineren Wasserstrahlen seitlich eine Pressung ausübt, sie also an einer

Ausbreitung verhindert. Werden jetzt die Röhren unten zugehalten, und kann die in ihnen befindliche Luft durch die Löcher entweichen, während Wasser nachfließt, werden also die Röhren mit Wasser erfüllt und von Luft entleert, so findet nun ein fortgesetzter voller Ausfluß statt, indem die Röhrenwände ein Zusammenpressen der ausfließenden Strahlen verhindern. Uebrigens ist alsdann der Druck des Wassers gegen die Röhrenwände negativ, so daß ein in denselben angebrachtes Loch nicht Wasser aus-, sondern Luft einströmen lassen würde, und nur im untersten Querschnitte wächst er vom Negativen bis zu Null an, so daß an dieser Stelle gewissermaßen labiles Gleichgewicht herrscht, und ein Abreißen des Wasserstrahles von den Röhrenwänden oder ein Aufhören des vollen Ausflusses sofort erfolgt, sobald nur irgend eine Kraft oder irgend ein geringer Umstand hierzu Anlaß giebt.

Im Falle eines vollen Ausflusses ist die durchströmende Wassermenge dem Producte des unteren großen Ausflußquerschnittes und der Geschwindigkeit gleich, welche der ganzen Druckhöhe a e entspricht; im Falle eines nicht vollen Ausflusses dagegen ist die durchströmende Wassermenge nur dem Producte aus dem kleinen Querschnitte der im Boden angebrachten Löcher und der Geschwindigkeit gleich, welche der kleinen Druckhöhe a c zugehört.

Es muß daher sehr wohl untersucht werden, ob in einem vorliegenden Falle dieser Art die eine oder die andere der genannten Modalitäten Giltigkeit hat.

Wie bei diesem fingirten Röhrenapparate, gerade so verhält sich's unter Umständen bei einem Filter.

Ist das Filtermaterial der unteren Schichten sehr grobkörnig und das der oberen Schichten von feinerem Gefüge, und wird nicht durch Zuhalten des unteren Ausflußquerschnittes anfänglich eine Aufstauung bewirkt, so bildet sich kein voller Ausfluß.

Stellt man ein Filter nur aus einer Lage feinkörnigen Sandes her, und gießt Wasser darüber, so erfüllt dieses Wasser allmälig sämmtliche Zwischenräume des Sandes; es verbreitet sich darin in Folge der Capillarität, es treibt nach und nach die ursprünglich in den Zwischenräumen befindliche Luft aus und es bildet einen vollen Ausfluß.

Besteht dagegen ein Filter aus einer Sandschicht und mehreren darunter gelegenen Schichten Kies, und ist dieser Kies sehr grobkörnig, so wird das Wasser, wie vorhin, wohl den Sandkörper durchdringen und erfüllen, aber nicht den Kieskörper; es wird vielmehr, vorausgesetzt, daß ein Zuhalten des unteren Querschnittes nicht stattfindet, aus diesem Kieskörper die Luft nicht vertreiben, es wird durch den Kieskörper in Tropfenform hindurchrieseln, und es wird demnach den Ausflußquerschnitt unausgefüllt lassen.

Die Filter sind entweder so construirt, daß die unterste, aus sehr grobem Gerölle, aus Schiefer oder aus regelmäßigen Steinen gebildete Schicht auf einem cementirten Boden ruht und das durch die oberen Schichten filtrirte Wasser seitlich abfließen läßt, oder sie sind so construirt, daß die unterste, aus nicht gar zu grobem Gerölle bestehende Schicht auf einem Rost, oder überhaupt auf einer durchlöcherten Unterstützungsmauer liegt, welche das Wasser abwärts in ein Bassin fließen läßt.

Im ersten Falle bildet die unterste Schicht niemals einen vollen Ausfluß; vielmehr bewegt sich durch sie das Wasser nur in Tropfengestalt, sammelt sich bis zu gewisser Höhe auf dem cementirten Boden an und bewegt sich nach anderen, als den, der oben abgeleiteten Ausflußformel zu Grunde gelegten und hier nicht in Betracht kommenden Gesetzen seitwärts weiter.

Im anderen Falle wird ein voller Ausfluß sich bilden, wenn die Schlitze oder Oeffnungen in der Unterstützungsmauer, oder genauer genommen die Zwischenräume zwischen den auf diesen Schlitzen unmittelbar liegenden Filterbestandtheilen verhältnißmäßig klein sind, er wird sich dagegen nicht unter entgegengesetzten Bedingungen bilden können.

In allen diesen Fällen, in denen der untere Querschnitt des Filters nicht voll ausfließt, würde also nicht die ganze Höhe H_2, sondern ein Höhenbetrag in die Intensitäts-Formel eingeführt werden müssen, welcher dem Abstande der Oberfläche des Filters von demjenigen Querschnitte gleichkommt, welcher der tiefste von allen voll ausfließenden ist.

In Bezug auf die erste der oben genannten Voraussetzungen, daß nämlich die Mitwirkung des Luftdruckes auf Oberfläche und Ausflußquerschnitt vernachlässigt werden könne, ist zunächst anzuführen, daß die Fundamentalformel (1), nämlich:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gH},$$

allgemeingiltiger:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2g\left[H + \frac{P}{1000} - \frac{P_0}{1000}\right]} \qquad (6)$$

geschrieben werden müßte, sofern

- P_0 den durch die atmosphärische Spannung oder auch durch irgend welche andere Ursache gegen die Ausflußfläche des Filters geäußerten Druck in Kilogr. pro Quadratmeter,
- P diesen, gegen den oberen Wasserspiegel geäußerten Druck

bedeutet, und die Zahl 1000 das Gewicht von 1 Cubikmeter Wasser angiebt.

Nun ist P_0 immer größer, als P, aber doch nur so viel, daß recht gut $P = P_0$ gesetzt oder $\frac{P - P_0}{1000}$ gegen H

vernachlässigt werden kann, und daher braucht aus diesem Grunde die Formel (1) keine Modification zu erleiden.

Allein es ist zu berücksichtigen, daß unter Umständen die Drücke P und P_0 absichtlich verstärkt oder geschwächt, daß sie also vorsätzlich in Wirksamkeit gebracht werden. Diese Umstände treten unter anderem bei einigen Arten von Schnellfiltern auf. In welcher Weise die Drücke P und P_0 hierbei zur Wirkung gebracht werden, ist leicht zu ermessen. Entweder nämlich pumpt man den Raum unterhalb der Filterschichten luftleer, in welchem Falle natürlich der Unterwasserspiegel 10 Meter tiefer liegen muß, als die Bodenfläche des Filters, oder man comprimirt die über dem Oberwasserspiegel befindliche Luft, respective das Wasser selbst, in welchem Falle auf das Filter ein hermetisch schließender Deckel zu legen und eine Druckpumpe, oder ein seitlich abgezweigtes Standrohr in Anwendung zu bringen sein würde.

Für alle diese Fälle ändert sich die Endformel (5) nur dahin ab, daß statt H_1

$$H_1 + \frac{P}{1000} - \frac{P_0}{1000}$$

gesetzt, dieselbe also

$$J = 382750 . \varepsilon \sqrt{\frac{H_1 + H_2 + \frac{P}{1000} - \frac{P_0}{1000}}{\alpha + \beta . f(H_1)}} . \quad (7)$$

geschrieben werden muß.

Zu dieser Abänderung giebt z. B. das Darcy'sche Versuchsfilter Anlaß, von welchem später ausführlicher die Rede sein wird. —

Nach diesen Erörterungen gehe ich zu der Untersuchung über, ob und in wie weit die hier abgeleitete und für die einfachste Filterconstruction giltige Formel mit der Erfahrung übereinstimmt.

Frühere Experimente und Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen Intensität und Dimension. — Die empirische Formel von Darcy.

Experimente über die Filtration und über die Widerstände, welche die Filtermassen der Bewegung des Wassers entgegensetzen, sind von Genieys und von Darcy angestellt worden.

Ein Bericht von dem Ersteren findet sich in: Dupuit's Traité de la distribution des eaux, 2. Theil, Seite 114. Es heißt hier wörtlich:

„Das Versuchsfilter bestand aus einem irdenen Gefäße von 1,18 Meter Länge, 0,49 Meter Breite und 0,65 Meter Tiefe.

Ein doppelter Holzboden von 0,02 Meter Dicke und mit Löchern versehen ließ über dem Boden des Gefäßes einen Zwischenraum von 0,065 Meter Höhe. Hier hinein ergoß sich das filtrirte Wasser und floß durch einen Hahn daraus ab. Die Filterschichten, 6 an der Zahl, hatten eine totale Dicke von 0,365 Meter, und bestanden:

die erste und unterste aus grobem Sand und Kies,
die zweite aus mittlerem Sand,
die dritte aus gestoßenem Sandstein,
die vierte aus gepulverter Kohle,
die fünfte aus gestoßenem Sandstein,
die sechste und oberste aus grobem Sand.

Die Dicken dieser Schichten standen in den Verhältnissen der Zahlen 4, 3, 3, 3, 2, 2 zu einander.

Das Wasser floß aus einem Hahne dem Filter zu.

Nachdem sämmtliche Schichten horizontal abgeglichen und so übereinandergehäuft waren, daß ein möglichst geringer Zwischenraum zwischen ihnen blieb, wurde das Gefäß mit Wasser gefüllt, und man trug dabei Sorge, daß die abwärts gerichtete Bewegung über der ganzen Oberfläche sich verbreitete. Der Ausfluß wurde durch die beiden Hähne so geregelt, daß das Gefäß immer voll, oder vielmehr daß die Filtermasse immer mit Wasser bedeckt war. Bei den ersten Experimenten haben wir untersucht, wie groß die filtrirte Wassermenge war, wenn die untere Oeffnung groß genug gemacht wurde, um alles Wasser ausfließen zu lassen. Diese Oeffnung war kreisrund und hatte einen Durchmesser von 0,018 Meter; das ausfließende Wasser füllte sie nicht ganz aus, und Luft konnte eindringen, was ohne Zweifel die Vorgänge des Durchflusses störte.

Bei Erhebung der in nachstehender Tabelle zusammengetragenen Versuchsresultate stand der Wasserspiegel 0,02 Meter über den Filterschichten, was einer Druckhöhe von 0,45 Meter über der unteren Ausflußöffnung entspricht.

Datum der Beobacht. Oct. 1828.	Dauer des Ausflusses. Minuten.	Ausflußmenge. Liter.	Ausflußmenge pro Minute. Liter.	Ausflußmenge pro Minute u. pro Quadratm. Oberfläche. Liter.
25	42	266	6,33	10,95
26	20	85	4,25	7,37
27	20	74	3,70	6,40
29	20	65	3,25	5,62
30	20	65	3,25	5,62

Man sieht, daß die filtrirte Wassermenge in dem Maaße sich vermindert hat, als das Filter sich verstopfte. Da das Speisewasser nur wenig trübe war, so muß man dieses Resultat als ein Maximum ansehen, welches selten zu erreichen ist, und darf zufolge der Erfahrung mehrerer Jahre auf nicht mehr als ungefähr 2 Liter pro Minute und pro Quadratmeter, oder auf 2880 Liter pro 24 Stunden rechnen.

Um den Widerstand zu ermitteln, welchen das Filter dem durchströmenden Wasser entgegensetzt, muß man die Differenz aus der effectiven und derjenigen Druckhöhe bestimmen, welche der Ausflußgeschwindigkeit entspricht.

Diese Differenz kann leicht mit Hilfe eines gebogenen Rohres gemessen werden, welches man in das Gefäß durch eine nahe über dem Boden angebrachte Oeffnung steckt. Die Höhe, bis zu welcher das Wasser in dieser Röhre steigt, bezeichnet den Druck, welcher auf dem Boden lastet, und welcher zur Erzeugung der Ausflußgeschwindigkeit verwendet wird. Die Differenz aus dieser Höhe und derjenigen des Wasserspiegels im Gefäße giebt also die zur Ueberwindung der Filtrationswiderstände angewendete Druckhöhe an.

Man darf nicht vergessen, daß die Experimente nicht genau sein würden, wenn man nicht in den Ecken des Gefäßes Röhren von 5 bis 6 Linien Durchmesser angebracht hätte, welche bis in den Zwischenraum reichen, der zwischen dem Boden des Gefäßes und der die Filterschichten unterstützenden Holzwand sich vorfindet. Durch diese Röhren entweicht und tritt Luft ein, wenn dieser Zwischenraum sich füllt oder leert.

Wir haben das Wasser durch eine conische Ansatzröhre ausfließen lassen, und um den Querschnitt der Ausflußöffnung mit Rücksicht auf die Contractionserscheinung genau messen zu können, haben wir den Kasten vor Einlegen des Filters mit Wasser gefüllt. Bei der Druckhöhe von 0,565 Meter war die Ausflußmenge 105 Liter in 24 Minuten, also 0,00007 Cubikmeter in 1 Secunde.

Die Formel, welche den Ausfluß Q angiebt, ist

$$Q = m\omega\sqrt{2gH} = 4{,}43 \, . \, m \, . \, \omega\sqrt{H}$$

wenn

H die Druckhöhe,

ω den Querschnitt der Ausflußöffnung (0,018 Meter Durchmesser),

m den Contractionscoefficienten

bedeutet.

Es ergiebt sich hieraus:

$$m\omega = \frac{Q}{4{,}43\sqrt{H}}, \qquad (8)$$

und indem man für Q und H die aus der Beobachtung gefundenen Werthe 0,00007 und 0,565 einsetzt:

$$m\omega = 0{,}000021022;$$

$$H = \frac{Q^2}{(4{,}43 \, . \, 0{,}000021022)^2}. \qquad (9)$$

Diese Formel dient dazu, um die den beobachteten Ausflußmengen entsprechenden Druckhöhen zu berechnen.

Nachdem wir das Filter wieder hergestellt hatten, erneuerten wir die Beobachtungen über die Ausflußmengen, indem wir dieselbe Druckhöhe beibehielten. Wir fanden 67 Liter in 20 Minuten, oder

$$Q = 0{,}00005583.$$

Dieser Werth in die Formel (9) substituirt, giebt

$$H = 0{,}35941.$$

Da die effective Druckhöhe 0,565 Meter betrug, so folgt, daß der Verlust 0,20559 gewesen ist, um 67 Liter in 20 Minuten mit einer Oberfläche von 0,5782 Quadratmeter, oder um 5,79 Liter pro Quadratmeter und pro Minute zu filtriren.

Bei einem anderen Experimente haben wir mit derselben Druckhöhe 78,5 Liter in 31 Minuten filtrirt, was

$$Q = 0{,}00004222,$$
$$H = 0{,}20534,$$

den Druckverlust zu 0,35966, und die Wassermenge pro Minute und pro Quadratmeter zu 4,38 Liter lieferte."

Die Darcy'schen Experimente sind in dessen Werk: „Les Fontaines publiques de la ville de Dijon, Seite 590," und von Herrn Kunstmeister Bornemann auszugsweise im 4. Bande dieser Zeitschrift, Seite 125 mitgetheilt.

Da eine Kritik des angewendeten Verfahrens nothwendig wird, so gebe ich hier den Wortlaut der Darcy'schen Beschreibung. Darcy sagt:

„Die Experimente zur Ermittelung der Wasserbewegung durch Sandschichten wurden in Dijon von mir und Herrn Ingenieur Ritter angestellt und sind von Herrn Chef-Ingenieur Baumgarten wiederholt.

Der angewendete Apparat (Fig. 5 auf Taf. 13) bestand aus einer verticalen, aus einer Leitungsröhre von 0,35 Meter innerem Durchmesser hergestellten Säule von 2,50 Meter, Höhe und war oben und unten durch aufgeschraubte Deckel verschlossen.

Im Inneren, 0,20 Meter über dem Boden, befindet sich eine durchbrochene horizontale Scheidewand, welche den Sand zu unterstützen und die Säule in zwei Kammern zu theilen bezweckt. Diese Scheidewand ist durch zwei übereinandergelegte, sich rechtwinklich kreuzende Roste, und durch ein darauf gelegtes Metallsieb gebildet. Die Stäbe des ersten Rostes sind prismatisch und von 0,007 Meter Breite, die des zweiten cylindrisch von 0,005 Meter Dicke; die Zwischenräume zwischen den Roststäben sind der Dicke der Stäbe gleich, und die Maschen des Siebes 0,002 Meter weit.

Die obere Kammer der Säule erhält das Wasser durch eine Röhrenleitung, in welcher ein Hahn den Zufluß nach Belieben reguliren läßt; die untere Kammer entleert sich durch einen Hahn in ein Aichgefäß von 1 Meter Breite.

Die Pressung an den beiden Endpunkten der Säule wird durch zwei Uförmig gebogene Quecksilber-Manometer (Hebermanometer) angegeben; endlich ist jede Kammer mit

einem Lufthahn versehen, welcher sehr wichtig beim Ingangsetzen des Apparates wird.

Die Experimente sind mit Kiessand angestellt, welcher folgendermaßen zusammengesetzt war:

0,58 Meter Sand von 0,77 Millimeter Siebgröße,
0,13 " " " 1,10 " "
0,12 " " " 2,00 " "
0,17 feiner Kies, Muschelstücke 2c.

Die Zwischenräume betrugen ungefähr 38 Proc. (vom ganzen Volumen).

Der Sand wurde in die Säule geschüttet und eingestampft, nachdem dieselbe, damit die Zwischenräume der Filtermasse keine Luft enthalten möchten, mit Wasser gefüllt war, und die Höhe des Sandes wurde erst am Ende jeder Versuchsreihe gemessen, nachdem ihn das durchfließende Wasser gehörig zusammengedrückt hatte.

Jedes Experiment bestand darin, an der oberen Kammer der Säule mit Hilfe des Zuflußhahnes eine bestimmte Pressung herzustellen; alsdann notirte man, wenn man sich durch zwei Beobachtungen versichert hatte, daß die Bewegung ziemlich gleichförmig geworden war, die Ausflußmenge während einer gewissen Zeit, und schloß daraus auf die mittlere Ausflußmenge pro Minute.

Bei kleinen Druckhöhen gestattete die fast vollständige Ruhe des Quecksilbers im Manometer eine Genauigkeit im Ablesen bis auf 1 Millimeter, was einer Wassersäule von 26,2 Millimetern entspricht; wenn man mit starken Pressungen experimentirte, war der Zuflußhahn fast vollständig offen und alsdann stellten sich beim Manometer trotz des Diaphragmas, mit dem es versehen war, beständige Oscillationen heraus; nichtsdestoweniger waren die starken Oscillationen nur zufällig, und man konnte auf 5 Millimeter der Theilung, oder 1,3 Meter Wasserdruck genau ablesen.

Diese Oscillationen rührten von den hydraulischen Widderstößen her, die durch das Spiel der zahlreichen Wasserhähne des Hospitales erzeugt wurden, in welchem unser Apparat aufgestellt war.

Alle Pressungen sind auf das Niveau der unteren Fläche des Filters bezogen, und auf die jedenfalls auch zu vernachlässigende Reibung im oberen Theile der Säule hat man keine Rücksicht genommen.

Nummer des Versuches.	Dauer des Versuches. Minuten.	Mittlere Liefermenge pro Min. in Litern.	Druckhöhe in Metern.	Verhältniß zwischen Liefermenge und Druckhöhe,	Bemerkungen.
1. Versuchsreihe; Dicke der Sandschicht = 0,58 Meter.					
1	25	3,60	1,11	3,25	Der Sand war nicht gewaschen.
2	20	7,65	2,36	3,24	
3	15	12,00	4,00	3,00	Die Manometersäule zeigte nur schwache Schwankungen.
4	18	14,28	4,90	2,91	
5	17	15,20	5,02	3,03	
6	17	21,80	7,63	2,86	
7	11	23,41	8,13	2,88	sehr bemerkbare Schwankungen.
8	15	24,50	8,58	2,85	
9	13	27,80	9,86	2,82	starke Schwankungen.
10	10	29,40	10,89	2,70	
2. Versuchsreihe; Dicke der Sandschicht = 1,14 Meter.					
1	30	2,66	2,60	1,01	Der Sand war nicht gewaschen.
2	21	4,28	4,70	0,91	
3	26	6,26	7,71	0,81	
4	18	8,60	10,34	0,83	sehr starke Schwankungen.
5	10	8,90	10,75	0,83	
6	24	10,40	12,34	0,84	
3. Versuchsreihe; Dicke der Sandschicht = 1,71 Meter.					
1	31	2,13	2,57	0,83	Gewaschener Sand.
2	20	3,90	5,09	0,77	
3	17	7,25	9,46	0,76	sehr starke Schwankungen.
4	20	8,55	12,35	0,69	
4. Versuchsreihe; Dicke der Sandschicht = 1,70 Meter.					
1	20	5,25	6,98	0,75	Gewaschener Sand von etwas gröberem Korn als der vorige; schwache Oscillationen.
2	20	7,00	9,95	0,70	
3	20	10,30	13,93	0,74	

Die Zusammenstellung der Experimente ebenso wie deren graphische Darstellung zeigt, daß die Liefermenge jedes Filters proportional mit der Druckhöhe wächst.

Für die Filter, mit denen experimentirt wurde, läßt sich die Liefermenge Q pro Secunde und pro Quadratmeter aus der Druckhöhe P sehr angenähert berechnen durch:

1. Versuchsreihe $Q = 0{,}493\ P$
2. „ $Q = 0{,}145\ P$
3. „ $Q = 0{,}126\ P$
4. „ $Q = 0{,}123\ P$

Nennt man d die Druckhöhe pro 1 Meter Filterstärke, so schreiben sich diese Formeln:

1. Versuchsreihe $Q = 0{,}286 \,.\, d$
2. „ $Q = 0{,}165 \,.\, d$
3. „ $Q = 0{,}216 \,.\, d$
4. „ $Q = 0{,}332 \,.\, d$

Die Differenzen unter den Werthen von $\frac{Q}{d}$ rühren davon her, daß der verwendete Sand nicht immer von gleicher Beschaffenheit gewesen ist. Bei der zweiten Versuchsreihe war er nicht gewaschen; bei der dritten war er gewaschen; bei der vierten war er sehr gut gewaschen und etwas grobkörniger.

Es scheint also, daß man für eine bestimmte Sandsorte annehmen kann, die Liefermenge sei der Druckhöhe direct und der Dicke der Filterschicht verkehrt proportional.

Bei den vorherigen Experimenten war die Pressung unter dem Filter stets dem Atmosphärendrucke gleich; es war interessant, zu untersuchen, ob das Gesetz der Proportionalität, welches man soeben aufgefunden hat, auch giltig bliebe, wenn die Pressung unter dem Filter viel größer oder viel kleiner als der Atmosphärendruck würde. Dieses ist der Zweck der von Herrn Ritter am 17. und 18. Februar 1856 angestellten Experimente.

Die Resultate derselben sind in nachstehender Tabelle zusammengetragen. Die vierte Columne giebt die Pressungen über dem Filter an, Columne 5 die Pressungen unter demselben, welche bald größer, bald kleiner als der Atmosphärendruck P sind. Die Columne 6 giebt die Differenz der Pressungen und die Columne 7 endlich die Verhältnisse der filtrirten Volumina zu den Differenzen der Pressungen, welche über und unter dem Filter herrschten. Die Dicke der Sandschicht betrug 1,10 Meter.

Die Constanz der Verhältnißzahlen in der 7. Columne zeugt von der Richtigkeit des bereits ausgesprochenen Gesetzes. Außerdem wird man bemerken, daß die Pressungen über und unter dem Filter innerhalb sehr weiter Grenzen liegen; in der That hat die Pressung unter dem Filter von $P + 9{,}88$ bis $P - 3{,}60$, und über dem Filter von $P + 12{,}88$ bis $P + 2{,}98$ gewechselt.

Nummer des Versuches.	Dauer des Versuches. Min.	Mittlere Liefermenge pro Min. Liter.	Mittlere Pressung		Differenz der Pressungen. Meter.	Verhältniß der Liefermenge zur Pressung.	Bemerkungen.
			über d. Filter. Meter.	unter d. Filter. Meter.			
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1	15	18,8	$P + 9{,}48$	$P - 3{,}60$	13,08	1,44	Starke Schwankungen in
2	15	18,3	$P + 12{,}88$	$P \pm 0$	12,88	1,42	dem oberen Manometer,
3	10	18,0	$P + 9{,}80$	$P - 2{,}78$	12,58	1,43	
4	10	17,4	$P + 12{,}87$	$P + 0{,}46$	12,41	1,40	schwache,
5	20	18,1	$P + 12{,}80$	$P + 0{,}49$	12,35	1,47	genügend schwache,
6	16	14,9	$P + 8{,}86$	$P - 0{,}83$	9,69	1,54	beinahe gar keine,
7	15	12,1	$P + 12{,}84$	$P + 4{,}40$	8,44	1,43	sehr starke,
8	15	9,8	$P + 6{,}71$	$P \pm 0$	6,71	1,46	sehr schwache,
9	20	7,9	$P + 12{,}81$	$P + 7{,}03$	5,78	1,37	sehr starke,
10	20	8,65	$P + 5{,}58$	$P \pm 0$	5,58	1,55	beinahe gar keine,
11	20	4,5	$P + 2{,}98$	$P \pm 0$	2,98	1,51	
12	20	4,15	$P + 12{,}86$	$P + 9{,}88$	2,98	1,39	ziemlich starke.

NB. Die Ursachen der Schwankungen oder Oscillationen im Manometer sind bereits erklärt worden.

Bezeichnet nun e die Dicke der Sandschicht; s die Oberfläche derselben; P den Atmosphärendruck in Wasserhöhen ausgedrückt; h die Höhe des Wasserspiegels über der Sandschicht; h_0 die Höhe des Unterwasserspiegels über der unteren Fläche der Sandschicht; also $P \pm h_0$ den Druck gegen die untere Fläche des Filters; k einen Coefficienten, welcher von der Durchdringlichkeit der Filterschicht abhängt; q das filtrirte Wasservolumen, so ergiebt sich nach diesen Experimenten:

$$q = k\,\frac{s}{e}\,[h + e \mp h_0], \quad \text{oder} \quad q = k\,\frac{s}{e}\,[h + e]. \qquad (10)$$

wenn $h_0 = 0$ und wenn die Pressung gegen den unteren Theil des Filters dem Atmosphärendrucke gleich ist."

Kritik dieser Experimente und der Darcy'schen Formel. — Beobachtungen des Verfassers.

Die Experimente von Genieys sind zu wenig umfangreich und zu einseitig, als daß man weitergehende Schlüsse aus ihnen herleiten könnte. Ich habe sie nur mitgetheilt, um mich bei Beurtheilung einiger Punkte der Darcy'schen Experimente darauf beziehen zu können.

Indem ich mich daher sofort zu diesen letzteren wende, muß ich vor Allem den auffälligen Umstand besprechen, daß die Intensität oder das pro Zeiteinheit filtrirte Wasservolumen als proportional mit der Druckhöhe $(h + e)$ und nicht mit der Quadratwurzel aus derselben sich ergeben hat.

Führe ich des bequemeren Vergleiches wegen in die Darcy'sche Formel die von mir früher verwendeten Bezeichnungen ein, so schreibt sich dieselbe:

$$J = C \cdot \frac{H_1 + H_2}{H_2}, \quad . \; . \; . \quad (\alpha)$$

während die aus den hier angestellten theoretischen Betrachtungen abgeleitete Formel für das einfache, von Darcy untersuchte Filter die Form (Seite 183)

$$J = C' \sqrt{\frac{H_1 + H_2}{\alpha + \beta \cdot f(H_2)}}, \quad . \; . \; . \quad (\beta)$$

oder, da bei den hier allein vorkommenden bedeutenderen Beträgen von H_2 die kleine Zahl α gegen $\beta \cdot f(H_2)$ vernachlässigt werden kann, die Form

$$J = C'' \sqrt{\frac{H_1 + H_2}{f(H_2)}} \quad . \; . \; . \quad (\gamma)$$

annimmt, sofern

$$C, \; C' \text{ und } C'' = \frac{C'}{\sqrt{\beta}} \text{ Coefficienten}$$

bedeuten, welche für ein und dasselbe Filtermaterial einen constanten Betrag haben und auf das Quadratmeter als Oberflächeneinheit, auf den Tag (= 24 Stunden) als Zeiteinheit sich beziehen.

Die Darcy'schen Experimente sind der mitgetheilten Schilderung zufolge mit viel Sorgfalt und Einsicht angestellt, und verdienen, wie die Resultate des vorzüglichen Darcy'sche Werkes überhaupt, das unbedingteste Vertrauen. Die hier angestellte Ableitung der theoretischen Formel dagegen scheint sich nur auf höchst gewagte Voraussetzungen und auf etwas willkürliche Annahmen bezüglich der Constitution eines Filters und bezüglich der beim Filtriren auftretenden Vorgänge stützen zu können. Man könnte daher schnell geneigt sein, die theoretische Formel zu verwerfen und die empirische ohne Weiteres als die richtigere anzuerkennen.

Allein nicht übersehen werden darf, daß die Form dieser empirischen Formel nicht nur gegen die hier aufgestellte, sondern überhaupt gegen die Theorie und gegen längst anerkannte theoretische, wie erfahrungsmäßig approbirte Wahrheiten durchaus verstößt, wie dies bereits auf Seite 183 ausführlicher nachgewiesen ist.

Man muß sich daher mindestens wohl gedrängt fühlen, über diese Anomalien zwischen Theorie und Experiment eine genaue und gründliche Prüfung anzustellen.

Da gegen die Richtigkeit der Herleitung der Formeln (5) und (7) oder (β) aus der Fundamentalformel (1) oder (6) der Hydraulik bereits nachgewiesenermaßen kein Einwand erhoben werden kann, so beschränkt sich diese Prüfung auf die Untersuchung, ob nicht die der Fundamentalformel zu Grunde liegenden Hypothesen bei den Bewegungsvorgängen des Wassers durch die Filterschichten unerfüllt bleiben.

Welches diese Hypothesen sind, wurde schon auf Seite 184 erörtert. Es fand sich dort, daß namentlich die Hypothese vom Parallelismus der Schichten und die daraus herzuleitende Bedingung eines vollen Ausflusses erfüllt werden müsse.

Um zu untersuchen, ob angenommen werden kann, daß die Darcy-Formel aus diesem Grunde mit der Theorie nicht übereinstimmt, habe ich zunächst einige dahin zielende Experimente angestellt.

Ich habe dazu den Weisbach'schen Ausflußapparat benutzt (siehe Weisbach's Ingenieurmechanik, 4. Auflage, Band I, Seite 893). Ein Bestandtheil desselben, welcher auf Seite 982 des genannten Werkes sich abgebildet findet, enthält etwa in der Mitte seiner Höhe ein Drahtsieb von 2 Millimeter Maschenweite. Gröberer Kies von 2 bis 3 Millimeter Siebgröße, welcher erhalten war, indem gewöhnlicher Flußkies durch ein Sieb von 3 Millimeter Maschenweite und alsdann durch das eben genannte geschüttet wurde, würde darauf geworfen und horizontal ausgeglichen. Vor dem Einschütten war indessen, wie bei den Darcy'schen Versuchen, der Apparat mit Wasser gefüllt, damit die Zwischenräume des Kieskörpers beim Versuche keine Luft enthielten. Die oberhalb des Siebes im Apparate befindlichen Oeffnungen waren selbstredend vollständig geschlossen, die unterhalb desselben befindliche war es vorläufig, und zwar durch einen Hahn von sehr weiter Bohrung (welcher in Weisbach's Ingenieurmechanik mit H bezeichnet ist).

Um nun erkennen zu können, ob der Filterkörper von ziemlich grobem Gefüge, selbst unter Umständen, welche einen vollen Ausfluß vorläufig als unwahrscheinlich annehmen ließen, voll ausfließen würde, brachte ich oben auf demselben eine Filterschicht von sehr feinem Gefüge, nämlich eine Lage von 6 übereinander geschichteten Bogen Filterpapier an, und bedeckte dieselbe mit einer dünnen Kies-

schicht, nur um sie auf ihrer Unterlage fest zu halten und ein Abheben derselben durch Wasserwirbel zu verhüten.

Nachdem auf diese Weise in den mit Wasser gefüllten Apparat eine Kiesschicht von 115 Millimeter und hierauf die Papierschicht von etwa 2 Millimeter Stärke eingebracht war, wurde der Hahn allmälig geöffnet und dann ganz aus seinem Gehäuse entfernt. Dadurch riß die ursprünglich im Zusammenhang gewesene Wassermasse unter dem Filter ab, so daß nun der unter dem Filter befindliche Raum anstatt mit Wasser mit Luft erfüllt war, und der Ausflußquerschnitt des Sandkörpers demnach unter dem Drucke der äußeren Atmosphäre stand.

Der Zufluß wurde durch einen Gummischlauch bewirkt, welcher, mit einem leicht stellbaren Hahn versehen, von einem größeren Reservoir herführte und in dem Raume oberhalb der Filterschicht so lag, daß das Einströmen möglichst ohne Wirbelbewegungen und ohne aufwühlende Wirkung auf die Filteroberfläche vor sich ging.

Das verwendete Wasser war selbstverständlich möglichst rein.

Die Ausflußquantität oder die filtrirte Menge wurde in Mangel eines genauen und passenden Aichgefäßes durch Wägung bestimmt. Ein gewöhnlicher Eimer nahm das aus dem Hahngehäuse fließende Wasser auf und wurde dann mit seinem Inhalte, wie nachher leer gewogen. Das Pfund (neue Pfund sächs.) Wasser konnte bei der Temperatur von wenigen Graden über Null zu genau 0,5 Liter gerechnet werden.

Die erste Versuchsreihe ist in nachstehender Tabelle mitgetheilt, welche gleichzeitig auch die berechneten Größen enthält.

Nr. des Versuchs.	Zeitdauer der Beobachtung in Sec.	H_p in Centim.	H_s in Centim.	G_b in Pfunden.	G_t in Pfunden.	G_n in Pfunden.	Q Liter pro Min.	$\frac{Q}{H_p}$	$\frac{Q}{H_s}$	$\frac{Q}{\sqrt{H_p}}$	$\frac{Q}{\sqrt{H_s}}$
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1	390	16,7	28,2	14,63	2,48	12,15	0,934	0,055	0,033	0,228	0,176
2	540	10,3	21,8	14,93	2,48	12,45	0,692	0,067	0,032	0,216	0,148
3	1020	2,7	14,2	14,93	2,48	12,45	0,366	0,136	0,026	0,222	0,097
4	450	15,7	27,2	14,68	2,48	12,20	0,813	0,051	0,029	0,205	0,155

Hierin bedeutet:

H_p (Columne 3) die Höhe des Wasserspiegels über der Papier-Filterschicht in Centimetern.

H_s (Columne 4) die Höhe des Wasserspiegels über dem Siebe, also über der unteren Fläche des Filters in Centimetern.

G_b (Columne 5) das Bruttogewicht des Aichgefäßes, d. h. das Gewicht des mit dem Versuchswasser erfüllten Gefäßes in Pfunden (neuen sächs. Gewichtes).

G_t (Columne 6) das Taragewicht, d. h. das Gewicht des leeren Gefäßes.

G_n (Columne 7) das Nettogewicht, d. h. das Gewicht der Ausflußmenge.

Q (Columne 8) das auf die Minute reducirte ausgeflossene oder filtrirte Wasservolumen in Litern = 0,001 Cubikmeter. Diese Ziffer wurde durch Division der Zahlenwerthe der Columne 2 in diejenigen der Columne 7 und durch Multiplication mit 0,5 . 60 = 30 erhalten. (1 Liter Wasser = 1 Kilogr.)

Um nun zu untersuchen, ob die Abweichung der empirischen Formel von der theoretischen in dem Umstande ihre Ursache haben könnte, daß kein voller Ausfluß am unteren Theile des Filters stattgefunden hat, wurden die Quotienten der Columnen 9, 10, 11 und 12 berechnet.

Es ist nämlich die Ausflußmenge nach der theoretischen Formel (5), da in dem vorliegenden Falle, d. h. bei der ganzen Versuchsreihe der Filterkörper von durchaus gleicher Beschaffenheit und auch gleicher Dimension, und da aus diesem Grunde der Quotient $\sqrt{\alpha + \beta . f(H_2)}$ für alle Einzelversuche constant blieb,

$$J = C . \sqrt{H_1 + H_2}$$

zu schreiben, und darin $C = \frac{382750 . \varepsilon}{\sqrt{\alpha + \beta . f(H_2)}}$ als eine für alle Druckhöhen $(H_1 + H_2)$ constante Größe zu betrachten.

Ist demnach die theoretische Formel richtig, so müssen die experimentellen Werthe des Quotienten

$$\frac{J}{\sqrt{H_1 + H_2}} \quad \text{oder} \quad \frac{Q}{\sqrt{H_1 + H_2}}$$

in der That constant sein.

Die empirische Darcy'sche Formel schreibt sich mit den hier verwendeten Bezeichnungen

$$J = C' \frac{H_1 + H_2}{H_2}$$

und da H_2 für sämmtliche Versuche constant ist, auch

$$J = C'' (H_1 + H_2),$$

wo dann C'' eine für sämmtliche Druckhöhen constante Größe bedeutet.

Ist diese Formel richtig, so müssen die Versuche einen constanten Betrag für alle zusammengehörigen Werthe des Quotienten

$$\frac{J}{H_1 + H_2} \text{ oder } \frac{Q}{H_1 + H_2}$$

liefern.

Fließt der Querschnitt an der unteren Fläche des Filters voll aus, so ist $(H_1 + H_2) = H_s$, fließt er aber nicht voll aus, sondern hört der volle Ausfluß an der unteren Fläche des Papierfilters auf, so muß unter Annahme der Richtigkeit der theoretischen Formel $(H_1 + H_2) = H_p$ gesetzt werden.

Ein Blick auf die Ziffern der Columnen (11) und (9) läßt als wahrscheinlich annehmen, daß die theoretische Formel richtig ist, und daß in der unteren Fläche des Gesammtfilters kein voller Ausfluß stattgefunden hat. Aber wie Columne (10) und (12) erkennen läßt, stimmen die Resultate auch sehr gut mit der Darcy'schen Formel. D. h. die Versuchsresultate sagen aus, daß entweder die theoretische Formel richtig und kein voller Ausfluß stattfand, oder daß die Darcy'sche Formel richtig ist und ein voller Ausfluß sich bildete.

Um weiter hierüber zu entscheiden, wurde eine zweite Versuchsreihe angestellt, bei welcher die Papierfilterschicht unten, also dicht über dem Siebe lag, und bei welcher demnach mit Bestimmtheit angenommen werden konnte, daß ein voller Ausfluß entstehen würde. Dabei wurde die Kiesschicht von derselben Dicke, wie bei den ersten Versuchen, die Papierfilterschicht aber wurde stärker, nämlich 12 Bogen stark, angeordnet.

Die Resultate dieser Versuchsreihe, wie die daraus berechneten Größen sind in nachstehender Tabelle enthalten.

Nummer des Versuchs.	Zeitdauer der Beobachtung in Sec.	H_p in Centimet.	G_n in Pfunden.	G_t in Pfunden.	G_b in Pfunden.	Q in Litern pro Min.	$\frac{Q}{H_p}$	$\frac{Q}{\sqrt{H_p}}$
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1	420	14	9,50	2,40	7,10	0,507	0,0362	0,135
2	420	27,5	14,20	2,40	11,80	0,843	0,0307	0,160
3	420	22	12,15	2,40	9,75	0,696	0,0316	0,140
4	420	15	9,50	2,40	7,10	0,507	0,0338	0,130
1	360	27,5	13,80	2,40	11,40	0,950	0,0345	0,181
2	360	22,0	9,50	2,40	7,10	0,591	0,0270	0,126
3	360	14,0	6,50	2,40	4,10	0,341	0,0244	0,091
4	420	27,5	11,00	2,40	8,60	0,614	0,0253	0,109
5	420	27,5	10,40	2,40	8,00	0,571	0,0208	0,102

Die Bezeichnungen haben dieselbe Bedeutung, wie in der vorigen Tabelle; die Höhe H_s ist in diesem Falle $= H_p$, weshalb nur die letztere in Rechnung gezogen erscheint.

Man sieht aus den in Columne 8 und 9 eingetragenen Resultaten der ersten 4 Versuche, daß dem Quotienten $\frac{Q}{H_p}$ der empirischen und nicht dem Quotienten $\frac{Q}{\sqrt{H_p}}$ der theoretischen Formel constante Beträge zugehören, und muß hieraus schließen, daß die Nichtexistenz eines vollen Ausflusses nicht die Ursache der Abweichung der Darcy'schen von der theoretischen Formel ist, da angenommen werden muß, daß wegen der am untersten Theile des Filters gelegenen Papierschicht ein nur partieller Ausfluß und partieller Durchfluß nicht stattgefunden hat. Auch zeigte sich bei Besichtigung der Oberfläche der Papierschicht nach beendetem Versuche, daß dieselbe von den allerdings geringen, aber immerhin doch vorhandenen Unreinigkeiten des Wassers ganz gleichmäßig überdeckt war.

Die anderen 5 Versuche bilden blos eine Fortsetzung der ersten 4, allein mit dem Unterschiede, daß bei ihnen gar kein Kies angewendet wurde, sondern das Filter nur aus den 12 übereinandergelegten Bogen Filterpapier bestand.

Auch aus ihren Resultaten sieht man, daß die empirische Formel besser als die theoretische mit der Wirklichkeit übereinstimmt, oder richtiger gesprochen, daß der Grund für die Disharmonie von beiden in dem Nichteintritte eines vollen Ausflusses nicht gesucht werden kann. Uebrigens wurde die Annahme, daß bei der dichten Papiermasse ein voller Ausfluß eintreten würde, auch bei diesen Versuchen durch ein gleichmäßiges Ablagern der im Wasser suspendirten Schmutztheile bestätigt.

Endlich habe ich, um noch mehr und stärkere Gründe zu erhalten, eine fernere Reihe von Versuchen mit folgender Anordnung des Filters angestellt.

Der größere Cylinder des Weisbach'schen hydraulischen Apparates, wie er sich auf Seite 893, Band I, 4. Auflage der „Ingenieur- und Maschinenmechanik" gezeichnet findet, wurde mit dem vorhinbeschriebenen kleineren Cylinder durch eine Röhre von 7 Centimeter Weite und 100 Centimeter Länge verbunden, und zwar so, daß dieselbe horizontal lag und von der untersten Ausflußöffnung des großen Cylinders bis an die unterste Ausflußöffnung des kleinen Cylinders reichte. Am Anfange der Röhre, nämlich an der Stelle, wo sie vom großen Cylinder ausging, war ein Hahn von sehr weiter Bohrung eingeschaltet. Die Röhre wurde mit demselben Kies angefüllt, welcher bei den früheren Versuchen verwendet war, und an ihrem Ende, also an der Stelle, wo sie in den kleinen Cylinder mündete, mit Filterpapier verstopft, so daß der Kies nicht herausgedrängt wurde, das Wasser aber durch die Papiermasse in ausreichender Quantität noch hindurchdringen konnte. Vor das Papier mußte aber noch ein hölzerner Stab angebracht und in die Röhre eingeklemmt werden, weil sonst die ganze Filtermasse herausgepreßt worden wäre.

Zunächst war der erwähnte Hahn geschlossen. Der große Cylinder wurde bis zu einer gewissen Höhe mit Wasser gefüllt, und, nachdem nun der Hahn geöffnet war und das Wasser durch das Rohr und durch die im Rohre enthaltene Filtermasse abfloß, bis auf diese Höhe durch fortdauernden Zufluß voll erhalten. Das durchfließende Wasser sammelte sich in dem kleinen Cylinder und stieg so lange darin, bis es aus der oberen Ausflußöffnung ab- und in das Meßgefäß floß. Sobald dies geschah, trat ein Beharrungszustand in der Bewegung ein, denn die Differenz der Wasserspiegelhöhen blieb constant, und die Dimension und Beschaffenheit des Filters und die übrigen Verhältnisse und Umstände änderten sich ebenfalls nicht. Uebrigens wurde das Constanthalten der Wasserspiegelhöhe im großen Cylinder dadurch erleichtert, daß ich diese Höhe jedesmal gerade bis an eine der höhergelegenen Ausflußöffnungen reichen ließ, hier eine von den zum Apparat gehörigen und genau gearbeiteten Ausflußmündungen einsetzte und durch Regulirung des am Reservoir befindlichen Hahnes dafür sorgte, daß das Wasser immer nur tropfenweise an dem Mündungsstücke überfloß.

Die Resultate der mit dieser Anordnung erhaltenen Versuche giebt nachstehende Tabelle.

Nummer der Versuche.	Zeitdauer der Beobachtung in Sec.	H in Centim.	G_b in Pfunden.	G_t in Pfunden.	G_n in Pfunden.	Q in Litern pro Min.	$\frac{Q}{H}$	$\frac{Q}{\sqrt{H}}$
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1	300	33,0	15,25	2,51	12,74	1,274	0,0386	0,222
2	300	33,0	15,25	2,51	12,74	1,274	0,0386	0,222
3	300	33,0	15,05	2,51	12,14	1,254	0,0380	0,221
4	180	63,5	15,35	2,51	12,84	2,140	0,0337	0,287
5	180	63,5	15,35	2,51	12,84	2,140	0,0337	0,287
6	180	63,5	15,30	2,51	12,79	2,130	0,0335	0,287
7	150	83,0	14,72	2,51	12,21	2,440	0,0300	0,267
{8	105	83,0	15,52	2,51	13,01	3,720	0,0448	0,408}
{9	105	83,0	15,52	2,51	13,01	3,720	0,0448	0,408}

H bedeutet die Höhe des Wasserspiegels im großen über derjenigen im kleinen Cylinder.

Die beiden letzten, eingeklammerten Versuche müssen als ungenau betrachtet werden. In Folge der bedeutenden Druckhöhe war das durchfließende Wasserquantum so beträchtlich, daß das Papierfilter sich theilweise auflöste und schon am Ende des siebenten Versuches einige Bestandtheile dem Wasser des kleinen Cylinders beimischte. Es ist hiernach erklärlich, weshalb die Werthe $\frac{Q}{H}$ für diese beiden letzten Versuche viel größer ausgefallen sind.

Die Anordnung des Apparates war deshalb so, wie vorhin beschrieben, gewählt worden, weil bei horizontaler Lage des Filters und bei so beträchtlichen Wassersäulen vor und hinter dem Filter mit aller Sicherheit angenommen werden konnte, daß aus der Endfläche des Filters ein voller Ausfluß sich bilden würde.

Unter der Voraussetzung, daß Dies wirklich geschehen sei, muß man dann bei Anblick der 8. und 9. Columne obiger Tabelle, wonach die nach der empirischen Formel berechneten Werthe viel besser mit dem Versuche stimmen, als die nach der theoretischen ermittelten, ebenso wie bei den früheren Versuchsreihen die Ansicht gewinnen, daß die Ursache der Abweichung von Theorie und Experiment in einem nichtvollen Ausflusse nicht gesucht werden kann.

Durch diese Versuche und vorzüglich durch die zweite Reihe derselben ist aber gleichzeitig dargethan, daß jene Ursache auch nicht in dem Umstande gefunden werden wird, daß die wahrhaften Ausflußquerschnitte des Filters bei verschiedenen Druckhöhen in verschieden hohen Querschichten liegen.

Man könnte nämlich vermuthen, daß bei höheren Wasserständen das Wasser tiefer in die Filtermasse eingepreßt und durch einen tieferen Querschnitt, und demnach unter relativ stärkerer Druckhöhe ausflösse, als bei weniger hohen Erhebungen des Wassers über der Oberfläche des Filters.

Wäre diese Vermuthung richtig, d. h. der Wirklichkeit entsprechend, so müßte, wenn man mit H_x den veränderlichen Abstand des Ausflußquerschnittes von der Oberfläche des Filters bezeichnet, mit Einführung dieses Abstandes in den der theoretischen Formel analog geformten Ausdruck

$$\frac{Q}{\sqrt{H_1 + H_x}} = C$$

der Werth C eine constante Zahl für alle Versuche sein, oder umgekehrt müßte der Abstand H_x zufolge dieses Ausdruckes den Betrag

$$H_x = \left(\frac{Q}{C}\right)^2 - H_1$$

haben.

Nun ist schon durch unsere soeben besprochenen Versuche und vorzüglich durch diejenige Reihe derselben, bei welcher das Filterpapier ganz unten, also dicht auf dem Siebe lag, und bei welcher außerdem kein Kies angewendet wurde, mit aller Bestimmtheit nachgewiesen, daß auch dann die empirische Formel Giltigkeit hat, wenn der Ausflußquerschnitt ganz unten liegt und voll ausfließt.

Aber auch die Darcy'schen Versuche sprechen sich gegen die hier aufgestellte Vermuthung aus; denn betrachtet man nur die erste Versuchsreihe der ersten Tabelle (Seite 191), so ergiebt sich Folgendes:

Auch für den kleinsten Wasserstand über der Filteroberfläche kann die Höhe H_x nicht geringer als Null gewesen sein. Nimmt man diesen Werth als äußerste Grenze wirklich an, so berechnet sich damit nach obiger Formel

$$C = \frac{Q}{\sqrt{H_1}},$$

also nach Einführung der für den 1. Versuch der Tabelle I. (Seite 191) giltigen Werthe, da 1,11 die ganze Höhe $(H_1 + H_2)$ ist,

$$C = \frac{3{,}60}{\sqrt{(1{,}11 - 0{,}58)}} = 5.$$

Berechnet man jetzt mit diesem Betrage die Höhe H_x für den letzten Versuch, für welchen $Q = 29{,}40$, $H_1 + H_2 = 10{,}89$ und $H_2 = 0{,}58$ ist, mit obiger Formel, so ergiebt sich

$$H_x = \left(\frac{29{,}40}{5}\right)^2 - 10{,}31 = 24{,}26$$

und das heißt, daß, wenn die hier besprochene Vermuthung richtig wäre, die Filterschicht eine Dicke von mindestens 24,26 Meter gehabt haben müßte, während diese Dicke nur 0,58 Meter betrug.

Eine fernere Vermuthung könnte die sein, daß mit wachsender Druckhöhe der Filterstoff, der Kies und Sand, sich zusammengepreßt habe, und daß demnach die Widerstände, welche der Filterstoff entgegensetzt, nicht constant für alle Versuche geblieben, also die obige, einen constanten Betrag des Renners $\sqrt{\alpha + \beta . f(H_2)}$ voraussetzende Formel nicht anwendbar sei.

Diese Vermuthung beseitigt sich aber sofort, da man nur zu bedenken braucht, daß im Falle ihrer Richtigkeit die filtrirten Wasserquantitäten mit zunehmenden Druckhöhen kleiner, als die theoretische Formel sie berechnet, hätten ausfallen müssen, daß dieselben thatsächlich aber größer sich herausgestellt haben.

Zufolge eines Vergleiches der empirischen mit der theoretischen Formel sind diese Wassermengen gerade $\sqrt{H_1 + H_2}$ mal so groß, als letztere sie berechnet; man würde daher, um die Abweichung von Theorie und Experiment durch eine Veränderung im Zustande des Filterstoffes zu erklären, annehmen müssen, der Sand und Kies habe sich, anstatt fester zu werden, mit wachsender Druckhöhe aufgelockert und zwar in einer Weise, daß der von ihm geäußerte Widerstand genau in dem Maaße abgeschwächt sei, um eine Vermehrung der Filterquantität genau um das $\sqrt{H_1 + H_2}$ fache zu veranlassen. Diese Annahme wäre aber ungereimt.

Endlich könnte man noch meinen, daß bei den Experimenten nicht ganz reines Wasser verwendet sei, und daß sich durch Absetzen der Unreinigkeiten der Widerstand allmälig vermehrt hätte. Eine hierdurch entstehende Vermehrung des Widerstandes wäre allerdings nicht unbeträchtlich. Bei den früher mitgetheilten Experimenten von Genieys hat sich die Intensität von 10,95 bis zu 5,62, also beinahe bis auf die Hälfte unter sonst ganz gleichen Umständen abgeschwächt, und noch dazu war das Experimentationswasser, wie Genieys ausdrücklich hervorhebt, nur ganz wenig trübe.

Allein diese Vermuthung würde, da das Experiment im Vergleich mit der Theorie für große Druckhöhen zu starke Filtrationsquantitäten geliefert hat, nur aufrecht erhalten werden können, wenn bei jeder Versuchsreihe zuerst mit der größten und darauf mit immer geringeren Druckhöhen experimentirt wäre. Für die in der 2. Tabelle Darcy's zusammengetragenen Resultate trifft dies wohl zu, nicht aber für die der ersten Tabelle, in welcher vielmehr eine gerade entgegengesetzte Reihenfolge sich zeigt, und bei

den von mir angestellten Versuchen wurde absichtlich in der Wahl der Rangordnung fortwährend gewechselt.

Wenn daher angenommen wird, daß das Wasser bei den Darcy'schen Experimenten nicht ganz frei von Unreinigkeiten gewesen sei und das Filter demnach allmälig verstopft habe, so beweist diese Vermuthung nicht die Abweichung des Experimentes von der Theorie, sondern spricht im Gegentheil zu Gunsten der Richtigkeit der empirischen Formel. Die kleinen Abweichungen nämlich in den Werthen der Quotienten $\frac{Q}{H}$ sämmtlicher Tabellen, und zwar auch der meinigen, nehmen mit wachsender Versuchsnummer ab und lassen sich daher um so mehr durch Verstopfung des Filters erklären, als eine solche Verstopfung, nämlich ein Absetzen von Schmutztheilen auf der Papierschicht, bei meinen Versuchen wenigstens, thatsächlich wahrgenommen wurde. —

Nach allen diesen Erörterungen muß man nun gestehen, daß die Frage: woher kommt es, daß das Experiment ganz andere Filterquantitäten liefert, als die Theorie sie berechnet und als nach unumstößlichen wissenschaftlichen Grundsätzen sich ergeben müßten, oder welches sind die Ursachen der Disharmonie zwischen empirischer und theoretischer Formel, sich noch nicht beantworten läßt.

Indem ich daher diese interessante Frage vorläufig offen lassen muß und sie einer weiteren Behandlung übergebe, betrachte ich die empirische Formel nunmehr als eine theoretisch nicht zu begründende Fundamentalformel, ebenso wie es seiner Zeit mit der Formel geschah, mit welcher die theoretische Ausflußgeschwindigkeit berechnet wird.

Es wäre alsdann nur noch zu erörtern, ob auch der zweite Ausspruch der Darcy'schen Experimente und der Darcy'schen Formel, wonach die Filtrationsquantitäten umgekehrt proportional der Dicke des Filterstoffes sind, vor einer weitergehenden Kritik bestehen kann.

Allgemeingiltig kann die Darcy'sche Formel zunächst nur:

$$J = k \frac{H_1 + H_2}{\varphi(H_2)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

geschrieben werden, sofern unter $\varphi(H_2)$ überhaupt eine Function von H_2 verstanden wird, deren besondere Form vorläufig noch unbekannt ist, und wenn k einen Coefficienten bedeutet, dessen Betrag nur mit der Beschaffenheit des Filterstoffes sich verändert.

Nennt man H_2' einen von H_2 verschiedenen Betrag der Filterschichtdicke, so ist:

$$J_1 = k \frac{H_1 + H_2}{\varphi(H_2')}$$

und in Verbindung dieser Formel mit der vorigen

$$\frac{J}{J_1} = \frac{\varphi(H_2')}{\varphi(H_2)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Diese letzte Formel sagt aus, daß bei Anwendung ein und desselben Filtermateriales und demnach für denselben Werth von k, wie bei Anordnung derselben Druckhöhen $(H_1 + H_2)$, die Functionen zweier verschiedener Beträge der Schichtdicke sich umgekehrt verhalten müssen, wie die ihnen entsprechenden Intensitäten.

Um hiernach die Form dieser Functionen experimentell zu bestimmen, muß man mehrere Reihen von Versuchen anstellen, bei denen Druckhöhe, Filterstoffbeschaffenheit und Schichtdicke wechselnde Beträge erhalten, bei deren jeder aber Druckhöhe sowohl als Filterstoff-Beschaffenheit unverändert bleibt, und die Schichtdicke H_2 allein einem Wechsel unterworfen wird.

Darcy hat keine solchen Versuchsreihen angestellt, aber man kann doch wenigstens für eine derselben das Material aus seinen Gesammt-Experimenten entnehmen. Dieses Material findet sich in der Combination der 1. und 2. Versuchsreihe seiner auf Seite 191 mitgetheilten Tabelle.

Schreibt man die betreffenden Daten heraus, so ergiebt sich nachstehende Zusammenstellung.

Druckhöhe $H_1 + H_2$	$Q =$ Liefermenge für $H_2 = 0{,}58$	$Q_1 =$ Liefermenge für $H_2' = 1{,}14$	$\frac{Q}{Q_1} = \frac{J}{J_1}$
1.	2.	3.	4.
2,36	**7,65**	2,36	3,24
4,00	**12,00**	3,62	3,31
4,90	**14,28**	**4,50**	3,15
5,02	**15,20**	4,60	3,26
7,63	**21,80**	**6,18**	3,52
8,13	**23,41**	6,70	3,50
8,58	**24,50**	7,10	3,43
9,86	**27,80**	8,60	3,23
10,89	**29,40**	**9,00**	3,27
12,34	33,30	**10,40**	3,20

Die ersten beiden Columnen enthalten die zusammengehörigen Werthe von Druckhöhe und Liefermenge, wie sie in der ersten Versuchsreihe der auf Seite 191 befindlichen Tabelle stehen; nur der letzte ist aus der 2. Versuchsreihe genannter Tabelle entnommen, und der erste ist weggelassen.

Die Ziffern der 3. Columne geben die Liefermengen oder pro Minute filtrirten Quantitäten an, welche den in der 1. Columne verzeichneten Druckhöhen zugehören, aber für den Fall gelten, in welchem die Schichtdicke $H_2 = 1{,}14$ Meter war. Sie sind aus der zweiten Versuchsreihe genannter Tabelle wenn auch nicht direct, so doch durch Anwendung eines einfachen Interpolationsverfahrens erhalten. Die fettgedruckten unter ihnen sind solche, welche unmittelbar, oder doch fast unmittelbar aus der 2. Versuchsreihe entnommen werden konnten.

Die 4. Columne enthält die Beträge des Quotienten aus den Ziffern der 2. und 3. Columne.

Diese Quotienten sind denjenigen aus den Intensitäten gleich, weil sich der Größenbetrag der Filteroberfläche in Zähler und Nenner aufhebt. Sie können daher direct in Formel (12) für $\left(\frac{J}{J_1}\right)$ eingeführt werden.

Sie sind untereinander ziemlich gleich. Bedenkt man, daß geringe Fehler beim Experimentiren, daß der Umstand einer nicht vollständigen Unveränderlichkeit in der Beschaffenheit des Filters, und daß das Interpolationsverfahren Abweichungen veranlaßt haben wird, so kann man sie als durchaus gleich betrachten. Alsdann ist experimentell dargethan, daß die Form der Function $\varphi\,(H_2)$ für verschiedene Beträge von H_2 in der That unverändert bleibt.

Diese Form bestimmt sich hierauf folgendermaßen.

Nimmt man das arithmetische Mittel aus sämmtlichen Ziffern der 4. Columne, welches $= 3{,}31$ ist, als den richtigen Werth an, so muß zufolge Formel (12)

$$\frac{\varphi\,(H_2')}{\varphi\,(H_2)} = 3{,}31$$

sein.

Hieraus sieht man zunächst, daß $\varphi\,(H_2) = H_2$, wie Darcy gefunden zu haben glaubt, nicht ist; denn $\left(\frac{H_2'}{H_2}\right)$ ergiebt sich $= \frac{1{,}14}{0{,}58} = 1{,}97$, stimmt also nicht mit dem Werthe 3,31 überein.

Nun kann man annehmen, daß $\varphi\,(H_2) = H_2^{\,x}$ sei. Alsdann ergiebt sich

$$\left(\frac{H_2'}{H_2}\right)^x = 3{,}31$$

und hieraus

$$x = \frac{\log 3{,}31}{\log\left(\frac{H_2'}{H_2}\right)} = \frac{\log 3{,}51}{\log 1{,}97} = 1{,}77,$$

so daß die Formel (11) geschrieben werden könnte:

$$J = k\,\frac{H_1 + H_2}{H_2^{\,1{,}77}}.$$

Aber man kann ebenso richtig auch setzen

$$\frac{\varphi\,(H_2')}{\varphi\,(H_2)} = \left[\frac{\gamma\,H_2'}{\gamma\,H_2}\right]^{\frac{y}{2}},$$

sofern γ eine vorläufig willkürliche Constante bedeutet, und man erhält dann, wie leicht zu übersehen, $y = 3{,}54$, und

$$J = k'\,\frac{H_1 + H_2}{\sqrt{(\gamma\,H_2)^{3{,}54}}} = k'\,\frac{(H_1 + H_2)}{\sqrt{\beta\,H_2^{\,3{,}54}}}.$$

Versteht man unter α eine Zahl, welche im Verhältniß zu $\beta\,H_2^{\,3{,}54}$ sehr klein ist, so kann man endlich, ohne das Resultat der Formel bemerkbar zu verändern, auch schreiben:

$$J = k'\,\frac{(H_1 + H_2)}{\sqrt{\alpha + \beta\,H_2^{\,3{,}54}}} \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

und in dieser Gestalt stimmt die Formel bezüglich des Nenners durchaus mit der theoretischen 5, Seite 183, überein, wenn man in diese nur $f\,(H_2) = H_2^{\,3{,}54}$ setzt.

Aber in der That ist auch α zufolge der auf Seite 183 gegebenen Ableitung gegen $\beta\,H_2^{\,3{,}54}$ eine kleine Zahl, nämlich nach Formel (4), da ζ_1 fast gleich Null und ε zwischen Null und Eins liegt, jedenfalls kleiner als Eins, während β, wie später deutlicher erkannt werden wird, einen viel bedeutenderen Betrag als Eins hat. Daher kann angenommen werden, daß die Experimente in dieser Beziehung die theoretische Formel bestätigen, und mindestens, daß sie mehr für die Richtigkeit dieser, als für diejenige der von Darcy aufgestellten empirischen, welche in diesem Punkte jedenfalls unrichtig ist, sprechen.

Zufolge der auf Seite 183 befindlichen Formel (5) müßte nun der Coefficient k' den Betrag $382750.\varepsilon$ haben. Wenn man daher ε kennt, so würde auch β zu bestimmen sein.

Der Buchstabe ε bedeutete das Verhältniß des wirklichen Ausflußquerschnittes zur ganzen unteren Fläche des Filters, welches Verhältniß auf Seite 182 $= \frac{Z\,q}{F}$ geschrieben wurde. Dieses Verhältniß läßt sich mit der Angabe Darcy's, daß das Volumen der Zwischenräume 0,38 vom ganzen Volumen des Filterstoffes betragen habe (Seite 191), berechnen.

Wird nämlich $Z.q_m$ der mittlere Horizontalquerschnitt der Zwischenräume genannt, so ist zufolge dieser Angabe

$$Z\,q_m\,H_2 = 0{,}38\,.\,F\,.\,H_2,$$

und hieraus

$$\frac{Z\,q_m}{F} = 0{,}38.$$

Dieser mittlere Querschnitt wird aber auch dem Ausflußquerschnitt gleichzusetzen sein, und alsdann ist

$$\varepsilon = 0{,}38,$$

wobei erwähnt werden kann, daß eine ziemlich gleichgroße Verhältnißzahl für fast alle Sand- und Kiessorten zum Vorschein kommt, und daß man sie auch bei Getreidekörnern, wie endlich, zufolge der von Dr. Hartig mit Dampfkesseln in Chemnitz angestellten Versuche, auch für Steinkohlen sehr verschiedener Stückgröße erhält.

Setzt man diese Verhältnißzahl in Formel (13) ein, so ergiebt sich in abgerundeten Ziffern, und wenn α wenig verschieden von Eins angenommen wird:

$$k' = 145000$$
$$\beta = 73000000,$$

und hiernach schreibt sich die Intensitäts-Formel:

$$J = 145000\,\frac{H_1 + H_2}{\sqrt{1 + 73000000\,H_2^{\,3{,}54}}}\ \text{Cubikmet. pro 24 Stdn.}$$

Berechnet man mit derselben und mit den bei den Darcy'schen Versuchen in Anwendung gekommenen Beträgen von $(H_1 + H_2)$ und H_2 die Intensitäten, so ergiebt sich folgende Zusammenstellung:

$H_1 + H_2$ in Metern.	Intensität J in Cubikmet. pro Tag	
	beobachtet	berechnet
1,11	54,00	48,84
2,36	114,75	103,84
(2,60)	39,90	34,58
4,00	180,00	166,40
(4,70)	64,20	62,51
4,90	214,20	215,60
5,02	228,00	220,88
7,63	327,00	335,72
(7,71)	93,90	102,54
8,13	351,10	357,72
8,58	367,50	377,52
9,86	417,00	433,84
(10,34)	129,00	137,52
(10,75)	133,35	142,97
10,89	441,00	479,16
(12,34)	156,00	164,12

Die eingeklammerten Ziffern gelten für den Fall, in welchem die Schichtdicke $H_2 = 1{,}14$ war, die übrigen für die Schichtdicke $H_2 = 0{,}58$.

Die Zahlen der zweiten Columne stimmen mit den in der ersten Darcy'schen Tabelle (Seite 191) enthaltenen deshalb nicht unmittelbar überein, weil dort die Liefermengen Q pro Minute in Litern und für die Oberfläche des Versuchsfilters giltig angegeben sind, während hier die Intensitäten pro 24 Stunden in Cubikmetern und pro Quadratmeter Filterfläche des Vergleiches mit der Rechnung wegen eingetragen werden mußten.

Das kreisrunde Versuchsfilter hatte nämlich einen Durchmesser von 0,35 Meter, also eine Oberfläche von 0,0962 Quadratmetern. Die Intensität verhält sich daher zu der Liefermenge Q, wie:

$$\frac{J}{Q} = \frac{60.24}{1000.0{,}0962} = 14{,}97.$$

Die Versuchsdaten für Q wurden mithin mit 14,97, oder genau genug mit 15 multiplicirt.

Um auch für andere, als die hier verwendeten Sandsorten und Filterstoff-Arten die Werthe der Coefficienten k' und β kennen zu lernen, müßten sehr ausgedehnte Experimente angestellt werden. Würden dieselben in mancher Hinsicht von Interesse sein und auch Nutzen gewähren, so können sie einen ausgedehnteren praktischen Werth doch deshalb nicht haben, weil ihn eine numerische Berechnung der Intensität und zwar wegen des Umstandes nicht hat, daß sich das künstliche Filter allmälig verstopft und alsdann, wie die mitgetheilten Versuche von Genieys zeigen, eine ungleich geringere Intensität, als ursprünglich annimmt, diese letzte aber als Unterlage für die Dimensionirung der Filtrationsanlage viel wichtiger ist, als es die berechnete sein würde.

Der praktische Nutzen der Aufstellung einer Formel für die Intensität besteht nur darin, daß man aus ihr erkennt, in welcher Weise die Intensität von den Druckhöhen und von der Schichtdicke des Filters abhängt. Um in diesem Sinne noch weiteren und genaueren Aufschluß, als es durch die wenigen Experimente Darcy's und durch die paar Versuche von mir möglich ist, zu erhalten, will mein Freund, Herr Ingenieur Claus in Braunschweig, der Mitverfasser des Heusinger v. Waldegg'schen Werkes über die Locomotiv-Maschine, der soeben die Ausführung der neuen, ausgedehnten Wasserwerke in Braunschweig beendet hat, in der nächsten Zeit umfänglichere Beobachtungen erheben und deren Resultate zur Veröffentlichung in dieser Zeitschrift mir überliefern.

Vorläufig muß zufolge der hier angeführten Experimente und Erörterungen angenommen werden, daß die Intensität, d. h. die pro Quadratmeter unterer Filterfläche und pro Zeiteinheit filtrirte Quantität unter sonst gleichen Umständen proportional einfach mit der Druckhöhe $H_1 + H_2$ und umgekehrt proportional beinahe mit dem Quadrate, genauer mit der 1,77ten Potenz, der Filterdicke ist. —

Nach diesen theoretischen Betrachtungen gehe ich wieder zu Besprechung der mehr praktischen Verhältnisse der Filtration über.

Angaben über künstliche Filtrationsanlagen. — Beurtheilung der Dumont'schen Anlage in Lyon. — Regeln für Erbauung der Filtrationsanlagen des natürlichen Systems. —

Im Ausgange dieses Artikels habe ich angeführt, daß ich umfänglicher nur die Filtrationsanlagen nach natürlichem Systeme besprechen würde. Indessen ist es zu weitergehendem Verständniß nothwendig, auch einige besondere Eigenthümlichkeiten der Construction, der Leistungsfähigkeit, der Wirkungsweise und der Behandlung des anderen Systemes zu kennen. Ich mache daher zunächst in dieser Beziehung auf einige Hauptpunkte aufmerksam.

Die künstlichen Filter bestehen der Hauptsache nach aus zwei übereinander liegenden Schichten. Die obere davon

wird aus Sand verschiedener Qualität (Kohlenpulver hat sich als unzweckmäßig erwiesen) hergestellt, und wirkt als eigentliches Filter; die untere ist aus kleinen Steinen, Schieferplatten oder grobem Kies und Gerölle zusammengesetzt, und dient nur als Wasser durchlässige Trägerin der ersten. Die Dicke der oberen Schicht wechselt bei den verschiedenen ausgeführten Filtern zwischen 0,15 und 1, diejenige der unteren zwischen 0,4 und 1,2 Meter.

Das durch die erste Schicht filtrirte Wasser gelangt in das Rein-Reservoir, indem es auf dem geneigt angeordneten und cementirten Boden des Filters durch die Zwischenräume der untern Schicht seitlich abfließt, oder indem es in Drainröhren sickert, welche auf dem ebenfalls wasserdichten Boden des Filters liegen. Endlich gelangt es auch an das in diesem Falle unter dem Filter angebrachte Rein-Reservoir, indem es den durchlöcherten und die Decke dieses Reservoirs bildenden Boden des Filters durchdringt. Die letzte Disposition wird für die vorzüglichere gehalten.

Man hat die Erfahrung gemacht, daß die schmutzigen Bestandtheile des zu filtrirenden Wassers schon von der obersten dünnen Schicht des Filters vollständig zurückgehalten werden. Tiefer als 15 Centimeter dringt kein einziges Schmutztheilchen in das Filter ein, die Hauptmasse der Verunreinigungen bleibt sogar schon 1 bis 2 Centimeter unter der Oberfläche, weshalb denn auch bei der Reinigung keine stärkere Schicht als eine von 1 bis 2 Centimeter, und nur bei gründlicheren Säuberungen nach Verlauf sehr langen Gebrauches eine Schicht von 15 Centimeter Stärke entfernt zu werden braucht.

Bezüglich der Intensität der Filter räth L. Neville in seinem Werke „Hydraulic, London 1860—1“ an, pro Quadratmeter Oberfläche und pro 24 Stunden 2,48 bis 6,2 Cubikmeter filtriren zu lassen. Dupuit giebt diese Ziffer zu 3 bis 5 an und macht gleichzeitig darauf aufmerksam, daß man wegen vorzunehmender Reinigung die Filterfläche 1/5 mal größer, als dieser Zahl entsprechend, zu machen habe.

Ueber die Intensität, oder genauer über die pro Qu.-Meter und pro 24 Stunden geäußerte Leistung verschiedener ausgeführter Filter finden sich Angaben in nachstehender Tabelle, in welcher durch die Namen ihrer Autoren die Werke bezeichnet sind, welche die Angaben enthalten, und in welcher die Schnellfilter mit den Namen ihrer Erfinder, die übrigen Filter mit dem Namen der Stadt oder der Gesellschaft bezeichnet sind, welche sie erbaut hat.

Bezeichnung des Filters.	Leistung pro Quadr.-Meter Oberfläche in Cubikmetern.	Name des Autors.
England.		
London: Chelsea-Company	2,8	Hagen 1853.
" "	3,4	Hughes 1859.
" "	5,4	Darcy 1856. Becker 1860. Dumont 1862.
East-London Company	1,7	Dupuit 1854.
Lambeth Thames Ditton	8,0	Darcy. Becker. Dumont.
" " "	15,0	Dupuit.
Southwark-Vaurhall	4	Darcy. Becker. Dumont. Chiolich-Löwensberg.
Grand-Junction	3	
Leicester	3,8	Hughes 1859.
Chester	5,4	
Norwich	2,7	
Preston	2,48	
Schottland.		
Paislay	5,4—8,1	Dellbrück 1853.
"	10	Darcy. Becker. Dumont.
"	4,5	Chiolich-Löwensberg 1865.
Glasgow	6,1	Hughes.

Bezeichnung des Filters.	Leistung pro Quadr.-Meter Oberfläche in Cubikmetern.	Name des Autors.
Frankreich.		
Paris.	4	Darcy. Becker. Dumont.
Quai du Célestin (Paris)	3,2	Genieys 1854.
Boule Rouge (Paris)	3,4	
Marseille	13	Darcy. Becker. Dumont.
Schweiz.		
Basel	12,3	Dollfus 1862.
Schnellfilter.		
Fonvielle	50—137	Darcy.
Lanay	100	Dellbrück.
Souchon	173	
Maurras	127	Chiolich-Löwensberg
Tard	182—252	1865.
Bernard	144	Dumont.
Darcy	75—100	Darcy. Becker.
"	102	Dumont.

Die Titel der Werke der genannten Autoren sind:

Hughes, A treatise on Waterworks, London 1859;
Darcy, Les fontaines publiques de la ville de Dijon, Paris 1856;
Dellbrück, Förster's Bauzeitung 1853, S. 110;
Genieys, Anhang zu Dumont's Werk;
Dollfus und Merian, Ueber die Wasserversorgung der Stadt Basel 1862;
H. v. Chiolich-Löwensberg, Anleitung zum Wasserbau II, Stuttgart 1865;

die übrigen finden sich auf Seite 19 dieses Bandes angeführt.

In Bezug auf die Schnellfilter mag bemerkt werden, daß zufolge ihrer Construction die wahrhaft wirksame Filteroberfläche sich nicht genau angeben läßt und daß, wenn dieses möglich und von den genannten Autoren geschehen wäre, die Ziffer für die Intensität sich wahrscheinlich um Vieles geringer herausstellen würde.

Zu Beurtheilung der Herstellungs- und Unterhaltungskosten der künstlichen Filter giebt Dupuit (1854), nachdem er mehrere detaillirte Berechnungen über diese Punkte anführt, die Ziffern:

Herstellungskosten zur Filtration von 1000 Cubikmeter pro 24 Stunden.

Nach Simpson (Lambeth-Company) . . .	10000 Fr.
Nach Wicksteed (East-London-Company). .	19687 „
Nach Mylne (New-River-Company). . .	14000 „

also im Mittel 14000 Fr. = 3730 Thlr.

Unterhaltungskosten zur Filtration von 1000 Cubikmeter pro 24 Stunden.

New-River-Company . .	0,5 Fr.	
East-London-Company . .	1,5 „	für Handarbeit,
	1,5 „	für die Maschinen,
Southwark-and-Vauxhall .	2,75 „	
Chelsea-Company . . .	3,75 „	

also im Mittel 2,5 Fr. = 20 Sgr.

Diese Angaben finden sich auch im Dumont wieder und die beiden letzten auch bei Darcy vor.

NB. In einer in der Zeitschrift des „Vereins deutscher Ingenieure“, Bd. IX, Heft 4, erschienenen Recension über ein von mir verfaßtes und in dem Berichte über die Versorgung Dresdens mit Wasser abgedrucktes Gutachten macht ein Herr v. M. mir den Vorwurf, bei Angabe der Intensität einiger natürlicher Filtrationsanlagen mich geirrt und zwar gleich um das Zehnfache geirrt zu haben. Ein genauerer Einblick in den Inhalt dieses Artikels wird zeigen, daß dieser Vorwurf auf einer oberflächlichen Sachkenntniß beruht und einer leichtsinnigen Art zu recensiren entsprungen ist.

Hughes (1859) giebt die Herstellungskosten zu 7 bis 11 Thlr. pro Quadratmeter Filterfläche an, was bei einer Intensität von 3 bis 5, einem Anlagecapital von 1400 bis 3600 Thlr. pro 1000 Cubikmeter in 24 Stunden zu lieferndes Filtrationsquantum entspricht.

Neville (1861) nimmt keinen höheren Betrag an, als 30 bis 70 Pfd. Sterling Anlagecapital oder 30 bis 70 Schilling jährlichen Kostenaufwand pro 1 Million Gallonen Filtrationsquantum, was den Werthen 44 bis 100 Thlr., respective 2,2 bis 5 Thlr. pro 1000 Cubikmeter entspricht. Diese Angabe ist aber so abweichend von den anderen, daß man sie nicht gut für richtig halten kann; sie ist aber auch höchst unbestimmt, da nicht hervorgehoben wird, ob sich das Filtrationsquantum auf 24 Stunden oder auf irgend eine andere Zeiteinheit bezieht.

Was endlich noch die Reinigung der Filter anbetrifft, bei welcher, wie schon weiter oben erwähnt, eine Schicht von nur 1 bis 2 Centimetern weggeräumt zu werden braucht, so ist anzuführen, daß nach Dupuit und Dumont 200 Quadratmeter Oberfläche für eine Tagesarbeit gerechnet werden können. —

Nach diesen Angaben über die künstliche Filtration wende ich mich wieder zum natürlichen Systeme.

Die Wirkungsweise desselben und vorzüglich die Möglichkeit eines andauernden Fortwirkens ist, wie in den früher mitgetheilten Berichten bereits mehrfach hervorgehoben wurde, an die beiden Bedingungen geknüpft, daß die zu filtrirenden Schmutztheile nicht tiefer, als wenige Centimeter in die oberste Sandschicht des Flußbettes eindringen, und daß die oberste Schicht von der Strömung des Flusses weggeräumt und erneuert wird. So wenigstens meint man, weil man einerseits die Erscheinung, daß sich gut angelegte natürliche Filter thatsächlich nicht verstopfen, sondern langjährig in gleich untadelhafter Weise fortwirken, nicht anders erklären kann, und weil man andererseits an den künstlichen Filtern wahrgenommen hat, daß die tiefer gelegenen Schichten wirklich ganz rein bleiben, und ausschließlich nur diejenigen an der äußersten Oberfläche sich verstopfen.

Indessen fragt sich, ob angenommen werden kann, daß bezüglich dieses Verstopfens und Schmutzablagerns bei den natürlichen Filtern in der That dieselben Verhältnisse auftreten werden, wie bei dem künstlichen Systeme, und ob nicht, wenn es so sein soll, wieder ganz besondere Bedingungen erfüllt werden müssen.

Die Tiefe des Eindringens der Schmutztheile hängt jedenfalls von der Geschwindigkeit ab, mit welcher das unreine Wasser durch die Zwischenräume der oberen Schichten hindurchströmt, wie selbstverständlich von der Beschaffenheit des Sandes, oder überhaupt des Stoffes, aus welchem diese Schichten bestehen. Je größer diese Geschwindigkeit ist, desto tiefer wird der zu filtrirende Schmutz eindringen.

Unter Annahme ein und derselben Sorte Filterstoff kann diese Geschwindigkeit direct proportional der Wassermenge erachtet werden, welche die Oberfläche des Filters in der Zeiteinheit durchströmt. Diese Wassermenge ist in der vorhin über die Leistung der künstlichen Filter zusammengetragenen Tabelle für verschiedene ausgeführte Anlagen angegeben.

Die äußersten Grenzen der Werthe dieser Tabelle sind 1,7 und 15. In Hinblick auf diese Werthe und auf die bezüglich der Verstopfung angestellte Beobachtung muß man daher sagen, daß die Schmutztheile nicht tiefer als 1 bis 2, respective 15 Centimeter in die Oberfläche nur dann eindringen werden, wenn die pro Quadratmeter Oberfläche und pro 24 Stunden filtrirten Wassermengen keinen größeren Betrag als 15 Cubikmeter überschreiten, und wenn, was übrigens bei diesen Erörterungen als selbstverständlich jedesmal vorausgesetzt wird, der an der Oberfläche liegende Filterstoff von der Beschaffenheit ist, welche der bei den künstlichen Filtern angewendete zu haben pflegt.

Die Dauer des Functionirens des Filters oder die Länge der Pausen zwischen zwei Reinigungsvornahmen ist hierbei einflußlos. Man sollte zwar zu glauben versucht sein, daß die Schmutztheile um so tiefer eindrängen, je länger die Filtration andauert. Allein in Wirklichkeit ist es gerade umgekehrt. Das tiefste Eindringen wird in den Momenten erfolgen, in welchen die oberen Schichten noch rein und durchläßig sind, also im Anfange des Filtrirens nach eben erfolgter Reinigung. Später nimmt die Intensität der Filtration immer mehr und mehr ab, die Schmutztheile bleiben an denjenigen hängen, welche schon im Anfange an der äußersten Oberfläche abgesetzt waren, und der Vorgang des Filtrirens endet mit einer Verstopfung, welche durch eine filzige Masse entsteht, die sich durch Zusammenballen der Schmutztheile an der Oberfläche bildet.

Wenn daher ein Filter untauglich wird und durch Beseitigung der oberen Schichten nicht wieder wirksam gemacht werden kann, so ist die Ursache davon in dem Umstande zu suchen, daß gleich im Anfange die Intensität zu groß war und daß hierdurch größere Mengen von Schmutz in Tiefen fortgerissen wurden, aus denen sie nicht wieder zu entfernen sind.

Angenommen die Intensität wäre so kräftig, daß der Schmutz die ganze obere Sandlage zu durchdringen und in die Kiesschicht zu gelangen vermöchte, so würde sich allmälig jedenfalls eine gänzliche Verstopfung herausstellen.

Was für Regeln aus diesen Betrachtungen für die Anlage von natürlichen Filtern sich herleiten lassen, soll am Schlusse besonders erörtert werden.

Vorläufig will ich mit Rücksicht hierauf diejenigen Anlagen des natürlichen Systems, welche mißlangen, einer Kritik unterwerfen und dabei auf die Anlage von Lyon besonders mein Augenmerk richten.

Ueber die Intensitäten zweier, von dauerndem Erfolge gekrönten Anlagen des natürlichen Systemes macht Darcy und nach ihm Becker die Angaben:

Perth am Tay in Schottland 15 Cubikmet. pro 24 Stdn.
Toulouse an der Garonne 20 „ „ „ „

Diese Ziffern beziehen sich aber auf die Wassermengen, welche pro Quadratmeter Oberfläche der angelegten Gallerien filtrirt werden und nicht auf diejenigen, welche durch die Oberfläche des Filters, also durch die Oberfläche der das Flußbett bildenden Sandschicht dringen. Sie wurden nämlich für die Anlage in Toulouse folgendermaaßen berechnet.

Das dritte Filter hat eine Gallerie von 0,6 Meter Bodenbreite und 250 Meter Länge, also von einer Bodenfläche = 150 Quadratmeter. Es lieferte eine Wassermenge von 140 Zollen oder 2800 Cubikmetern, und demnach pro Quadratmeter Bodenfläche 18,6 oder circa 20 Cubikmeter.

Nun ist aber die Fläche im Flusse, durch welche diese Wassermenge in das Filter eindringt, jedenfalls viel größer, da sie zufolge der Zeichnung [Fig. 1, Taf. 13] (voriges Heft), wonach die Gallerie ziemlich genau parallel dem Ufer des Flusses hinläuft, ebenso lang, wie der Gallerieboden, aber zufolge der durch Fig. 6, Taf. 13 gegebenen Skizze — worin ab der 0,6 Meter breite Gallerieboden, ef der Wasserspiegel der Garonne und egab der Längsschnitt des Terrains bedeutet, in welchem die Filtration wahrscheinlich vorgeht, — unstreitig bedeutend breiter, als derselbe ist. Die durch die Flächeneinheit in das Filter eindringende Wassermenge, um deren Betrag sich's hier handelt, ist daher viel kleiner, als 20 Cubikmeter, und zwar zufolge der oben angezogenen Skizze, worin eg zu ab das Verhältniß der Ein- und Ausströmungsfläche veranschaulicht, mindestens um das 5fache, vielleicht aber gar das 10fache, so daß die pro Quadratmeter eindringende Quantität nur zu 2 bis 4 Cubikmeter, also nicht größer als bei den mit schwacher Intensität wirkenden künstlichen Filtern angenommen werden muß.

Bei der Anlage in Lyon dagegen, wo die Gallerie eine Länge von 120 und eine Bodenbreite von 5 Metern, also eine Bodenfläche von 600 Quadratmetern hatte, die filtrirte Wassermenge aber 20000 Cubikmeter betrug, stellt sich die Intensität pro Quadratmeter Bodenfläche zu circa 30 Cubikmetern heraus, und diese Ziffer ist nicht viel größer, als die auf die Einströmungsfläche eg (Fig. 7) reducirte, da die Gallerie verhältnißmäßig sehr breit ist, nahe am Flusse liegt und demnach dem filtrirenden Erdkörper eine Längenschnittsform ertheilt, wie sie durch egab in Fig. 7 dargestellt wird.

Schon aus diesem Grunde kann die Anlage in Lyon einen weniger günstigen Erfolg gehabt haben, und zumal,

wenn die Geschwindigkeit des Flusses verhältnißmäßig gering, nämlich so gering war, daß sie die wegen soeben berechneter starker Intensität sehr tief von Schmutztheilen durchdrungenen Sandschichten nicht zu entfernen vermochte.

Aber die Hauptursache des Mißlingens ist in der in der That höchst unrationellen Construction der Bauten zu suchen, welche zu Unterstützung der Wirkung der Gallerie ausgeführt wurden.

Anstatt eine größere, für die Filtration wirksame Fläche im Flusse zu gewinnen und demnach einfach die Gallerie zu verlängern, wie es Dumont übrigens später vorschlug, legte man erst ein und dann zwei Bassins hinter der Gallerie (d. h. dem Flusse abgewendet) und noch dazu derart an, daß sie durch eine Cementschicht von der Gallerie und demnach vom Flusse isolirt waren. (Vergleiche Seite 28.) (Fig. 3, 5, Taf. 2 und Fig. 7, Taf. 13.) Freilich beabsichtigte man, von diesen Bassins hauptsächlich das von dem nahe gelegenen Hügel stammende Quellwasser aufnehmen zu lassen. Daß dieses Quantum aber ungenügend sein würde, hätte man sich wohl sagen können, da es ja vor Anlegung der Bassins schon in die Gallerie wenigstens zum größten Theil gedrungen war, also als ungenügend sich bereits erwiesen hatte.

Keinenfalls indessen hätte man annehmen sollen, daß diese Bassins eine Filterfläche ersetzen würden, welche derjenigen einer Gallerie von gleichgroßer Bodenfläche gleichkommt. Selbst wenn die Bassins nicht vom Flusse isolirt und durch eine Gallerie davon getrennt wären, welche fast alles vom Flusse hersickernde Wasser aufnimmt, würde ihre Bodenfläche doch nicht als wirksame Filterfläche sich bethätigen, oder doch nur mit einer Intensität, welche beinahe gleich Null und welche jedenfalls sehr weit entfernt ist, mit derjenigen einer Gallerie in Vergleich gezogen werden zu können. Es hat geradezu etwas Ungereimtes, wenn Dumont in seinem früher mitgetheilten Berichte unausgesetzt von der enormen Filterfläche spricht, wie sie in Lyon ausgeführt sei, und darunter die Bodenfläche dieser Bassins versteht, und wenn andere Schriftsteller, um darzuthun, daß die Anlegung einer natürlichen Filtration ein gewagtes Unternehmen sei, auf diese Dumont'schen Berechnungsart verweisen und hinzufügen, daß die Anlage ungenügend trotz dieses enormen Zuwachses an Filterfläche gewirkt habe. Als wenn die Bodenfläche irgend eines beliebigen Grabens, Bassins oder Teiches Filterfläche genannt werden könnte! Bei den lyoner Wasserwerken kann als Filter nur die Gallerie erachtet werden und als Filterfläche diejenige in der Rhone gelegene Fläche, welche in Fig. 7 mit eg bezeichnet ist, die Bassins aber haben eine nur ganz untergeordnete Mitwirkung bei der Filtration.

Eine Verstopfung und ein daraus hervorgegangenes allmäliges Untauglichwerden der lyoner Anlage hat sich eigentlich nicht gezeigt; nur sind die Filtrationsquantitäten später nicht so groß ausgefallen, als ganz im Anfange, weil der die Gallerie in weitem Umkreise umgebende Boden, der ursprünglich von den Wässern der Rhone imprägnirt wär und dieselben ebenfalls der Filtration überlieferte, nachher natürlich mehr und mehr entwässert wurde. Aber wäre es auch geschehen, oder könnte man annehmen, daß es geschehen sei, so würde deshalb immer noch nicht das System der natürlichen Filtration, sondern nur die Art der Verwirklichung und Anwendung desselben einen Vorwurf zu ertragen haben; denn, wie schon oben berechnet, ist die Intensität viel zu stark genommen, als daß ausreichende Sicherheit für Erfüllung der Hauptbedingungen, von denen das Gelingen der natürlichen Filtration abhängt, und welche sich auf die Tiefe des Eindringens der Schmutzmassen in den Sand und auf das Entfernen derselben durch die Geschwindigkeit des Flusses beziehen, geboten gewesen wäre. Im Anfang ist aber diese Intensität noch viel größer gewesen, als die oben berechnete Ziffer sie angiebt. Denn in einem Briefe an Darcy (siehe Darcy, Seite 588, auch Becker) äußert sich Dumont dahin, daß pro Quadratmeter Galleriebodenfläche **300** Cubikmeter (eine ganz abnorme Zahl) filtrirt wären. Ist Dies wirklich, oder selbst nur ganz angenähert der Fall gewesen, so hat Dumont nur dem Zufall, daß während dieser Zeit so übertriebener Filtration die Rhone sehr wenig trübes Wasser hatte, zu verdanken, daß nicht schon nach wenigen Wochen das ganze Filter verstopft war.

Jedenfalls sieht man aber hieraus, wie wenig Einsicht Dumont, wenigstens zu damaliger Zeit, in Das hatte, worauf es bei Anlage einer natürlichen Filtration ankommt, und wie wenig berechtigt es ist, seinen Aussprüchen den Charakter der Authenticität zuzuerkennen. Und bei dem, von den Gegnern der natürlichen Filtration geführten Raisonnement: — „wenn Dumont, der die natürliche Filtrationsanlage in Lyon ausführte, später, wo er das Project zu den Wasserwerken in Paris ausarbeitete, so ganz für künstliche Filtration war und das andere System durchaus verurtheilte, so muß man überzeugt werden, daß die natürliche Filtration in der That zu mißrathen ist" — möchte wohl zu bedenken sein, daß ein Ingenieur, welchem ein Bau mißlang, sich leichter geneigt findet, dem Systeme einen Vorwurf zu machen, als seiner unrichtigen Anwendung und Behandlung des Systemes die Schuld des Mißlingens zur Last zu legen.

Daß aber das Mißlingen, oder genauer gesprochen der ungenügende Erfolg der Dumont'schen Anlage nicht durch Mängel, welche das System an sich trägt, sondern durch fehlerhafte Constructionsverhältnisse verursacht wurde, wird aus dem Bisherigen wohl einleuchten.

Die Gallerie hätte, statt breit und kurz, schmal und

lang sein sollen, wie diejenige in Toulouse, bei welcher die genannten Dimensionen 0,6 und 250 Meter betrugen, und welche demnach nur 110 Zoll = 2200 Cubikmeter für gewöhnlich, und 200 Zoll = 4000 Cubikmeter im alleräußersten Falle liefern mußte, während diejenige in Lyon 20000 Cubikmeter filtriren sollte und bei einer Breite von allerdings 5 eine Länge von nur 120 Metern hatte.

Ueber diese Breiten- und Längenverhältnisse spricht sich schon Darcy auf Seite 588 und 589 seines mehrfach erwähnten vortrefflichen Werkes sehr richtig dahin aus, daß die Liefermenge einer Gallerie unter sonst gleichen Umständen allerdings proportional ihrer Längenausdehnung erachtet werden könne, daß sie aber in diesem gleichstarken Maaße nicht entfernt auch mit der Breite wachse.

Selbst wenn aber diese Breitendimensionen auf die Intensität einen ebenso großen Einfluß wie die Längendimensionen hätten, so dürfte man doch nicht eine breite und kurze für eine schmale und lange Gallerie substituiren, weil sie die vor allem Anderen zu vermeidende Mißwirkung entstehen läßt, daß das Wasser mit zu großer Geschwindigkeit in die, im Flußbette gelegene Oberfläche dringt und hierdurch die Schmutztheile tiefer in den Sandkörper fortreißt, als es wegen Beseitigung derselben, also wegen Vorbeugens einer allmäligen Verstopfung geschehen darf. Es ist leicht einzusehen, daß ein Uebersehen dieses letzten Umstandes Ursache auch für die verhängnißvolle Folge werden kann, welche man bei mehreren anderen Anlagen nach natürlichem Systeme zu ertragen gehabt hat, und wonach trotz nach und nach angebrachter bedeutender Erweiterungen doch eine Abnahme der Filtrationsquantitäten und demnach ein Verstopfen des Filters immer und immer wieder eintrat. Denn hat eine Anlage anfänglich solche Dimensionen erhalten, daß die Intensität des Eindringens zu groß ist und ein Verstopfen veranlaßt, und erweitert man sie hierauf um beispielsweise die Hälfte ihrer ursprünglichen Ausdehnung, so hat man, kurz gesprochen, nicht eine anderthalbfache Anlage, sondern eine verstopfte und eine halb nichtverstopfte, welche letzte alsdann bald wieder aus denselben anfänglichen Gründen zu einer ebenfalls verstopften wird.

Als abschreckendes Beispiel in dieser Beziehung wird mitunter auch die Filtrationsanlage in Wien angeführt. Dem „Berichte über die Wasserversorgung Dresdens" entnehme ich, daß man in Wien ursprünglich 100000 wiener Eimer = 250000 Cubikfuß sächs. = 5700 Cubikmeter hat filtriren wollen, und hierfür einen Saugcanal von 67 Ellen Länge herstellte, diesen aber nach Verlauf einiger Zeit als ungenügend erfand, dann nach und nach eine Verlängerung bis zu 1192 Ellen, und endlich, als man 500000 Cubikfuß = 11400 Cubikmeter filtriren wollte, eine fernere Verlängerung bis zu 1780 Ellen vornahm, ohne indessen mehr als 312000 Cubikfuß = 7000 Cubikmeter zu erhalten.

Was für ein Urtheil ergiebt sich nun, wenn man diese Ziffern mit denen vergleicht, welche man aus den in Toulouse gewonnenen Erfahrungen erhält?

Die Gallerie des mehrfach erwähnten Filters Nr. III. hat eine Länge von 250 Metern und liefert für gewöhnlich (250—140) = 110, zuweilen sogar nur (200—140) = 60 Zoll, oder 2200, respective 1200 Cubikmeter. Beachtet man nur die größere dieser Ziffern und sieht auch von der noch größeren, auf Seite 28 erwähnten, nämlich 4000, gänzlich ab, weil sie ganz außergewöhnlichen Vorkommnissen entspricht und eigentlich sogar nur muthmaßliche Richtigkeit hat, so kann man annehmen, daß für je 5 bis 8,8 Cubikmeter tägliches Filtrationsquantum 1 laufendes Meter Gallerie gerechnet wurde.

Legt man diese Erfahrungszahlen auch bei Berechnung der wiener Verhältnisse zu Grunde, so würden für die anfänglichen 100000 Eimer oder 5700 Cubikmeter 650 bis 1140 Meter oder 1136 bis 1995 Ellen, und für die später nöthig erschienenen 200000 Eimer das Doppelte, also 2272 bis 3990 Ellen erforderlich gewesen sein.

Wenn nun statt dieses Minimalbetrages von 1136 Ellen der wahrhaft ungereimte Betrag von 67 Ellen, und nachher statt einer Ausdehnung von mindestens 2272, eine nur von 1780 Ellen angewendet wurde, so darf man sich doch gewiß nicht wundern, daß die wirkliche Leistung der Anlage hinter der erwarteten weit zurückblieb, wird aber auch ein derartiges Erfahrungsresultat nicht benutzen wollen, um der natürlichen Filtration als System einen Vorwurf entgegenzuschleudern.

Außerdem würde zu bedenken sein, daß die Donau bei Wien ein Strom ist, welcher sich keineswegs sehr gut zur Anlage einer natürlichen Filtration eignet, sondern welcher wegen der wahrhaft colossalen Massen von Thon, die er häufig mit sich führt, zu Verstopfung der Filterschichten sehr leicht Veranlassung giebt. Die tyroler und schweizer Berge bestehen der Hauptsache nach aus Dolomit und Kalken tertiärer Formation, die sich bei nur mäßigem Regen in solcher Menge ablösen, daß sämmtliche Gewässer des dortigen Quellengebietes das Ansehen einer vollständig undurchsichtigen, schmutzigen Milch oder Kalklauge erhalten, und diese unreine Beschaffenheit, die der Rhein bekanntlich in dem als großes Klärbassin sich bethätigenden Bodensee zurückläßt, wirkt so mächtig, daß die Donau, wenngleich dieselbe vor Passau ein bis auf den tiefsten Grund durchsichtig grünes Wasser hat, schon durch den Inn allein, also hinter Passau, unaustilglich damit behaftet wird und bei Wien wie aufgerührte graue Gypslösung aussieht. —

Was nun den Kostenpunkt der natürlichen Filtration anbetrifft, so berechnet Dumont (auf Seite 33 und 36 dieses Bandes) das Cubikmeter zu 0,7 Centime = 0,56 Pfennig. Allein diese Berechnung stützt sich auf Erfah-

rungszahlen, welche in Lyon, also an einer verfehlten Anlage gesammelt wurden, und schließt außerdem eine Annahme ein, welche im Vergleich zu der bei dem künstlichen Systeme gemachten, zu Ungunsten der natürlichen Filtration ist.

Dumont erhält nämlich die genannte Ziffer, indem er die Gesammtsumme des Anlagecapitals durch die jährliche Liefermenge dividirt und hiervon das für einfache Interessen und für Amortisation zu rechnende jährliche Zinsenquantum ermittelt.

Er rechnet hierbei die Herstellungskosten für die beiden großen und überwölbten Bassins, die nachgewiesenermaaßen gar nicht oder doch nur höchst unvollkommen als Filter wirkten, mit ein, und nimmt als Zinsfuß 7,7 p. c. an, während er bei der künstlichen Filtration nur 5 p. c. (siehe Seite 252 seiner Schrift) in Anschlag bringt.

Selbst wenn man nur diesen letzten Irrthum berichtigt oder diese letzte Abweichung ausgleicht, erhält man statt 0,7 Centime = 0,56 Pfennig nur 0,46 Centime = 0,36 Pfennig Kosten für jedes Cubikmeter, während diese Ziffer für die künstliche Filtration mit Einschluß der Kosten, welche für Hebung des Wassers in die Filterbassins aufgewendet werden müssen, zu 0,8 Centime = 0,64 Pfennig auf Seite 36 sich herausstellte.

Nach den Erfahrungen in Toulouse aber würde eine derartige Rechnung sich folgendermaaßen gestalten.

Die Gesammtkosten für die Filter haben den Betrag von 139600 Fr. (Seite 27), und die Liefermenge ist 250 Wasserzoll = 5000 Cubikmeter pro Tag, = 1825000 Cubikmeter pro Jahr. Bei einem Zinsfuß von 5 p. c. betragen also die jährlichen Kosten 6980 Fr. und demnach pro Cubikmeter 0,38 Centime = 0,3 Pfennig.

D'Aubuisson sagt aber, daß das 1. Filter ohne die vielen unnöthigen und nach den jetzigen Erfahrungen zu umgehenden Versuche nur halb so viel gekostet haben würde. Alsdann ergiebt sich:

Herstellungskosten	1. Filter	23000	Fr.
	2. „	27055	„
	3. „	67871	„
	Summa	117926	Fr.,

jährlicher Kostenaufwand = 5896 Fr., und pro Cubikmeter 0,32 Centime = 0,26 Pfennig.

Nimmt man ferner an, die toulouser Anlage bestände aus zwei Gallerien nach der Construction des verhältnißmäßig theueren Filters Nr. III., welches gerade die Hälfte von dem gesammten Bedarfe lieferte, so hätten die Anlagekosten 2 . 67871 = 135742 Fr. (Seite 25), und demnach die Kosten für das Cubikmeter $\frac{135742 . 5}{1825000}$ = 0,37 Centime = 0,296 Pfennig betragen.

Hätte man dagegen in Toulouse eine Filtrationsanlage hergestellt, welche die Filter Nr. I. und Nr. II. in Doppelgestalt enthielte, so würde man ebenfalls mindestens die oben in Rechnung gezogene Wassermenge erhalten haben, die Kosten aber würden, mit Einrechnung derjenigen für unnöthige und nach den jetzigen Erfahrungen vermeidliche Versuche, nicht mehr als 2 . [44672 + 27055] = 143454 Fr. betragen haben, und die Kosten demnach für 1 Cubikmeter = $\frac{143454 . 5}{1825000}$ = 0,39 Centime = 0,312 Pfennig gewesen sein. (Seite 23, 24.)

Eine Doppelanlage von Filter Nr. I. endlich, welches 100 Wasserzolle = 2000 Cubikmeter täglich, also 730000 Cubikmeter jährlich lieferte, würde 2 . 44672 Fr. gekostet haben (Seite 23), so daß der Preis für 1 Cubikmeter zu $\frac{44672 . 5}{730000}$ = 0,36 Centime = 0,288 Pfennig ausgefallen wäre, und wenn man annimmt, daß der auf Seite 23 wiedergegebene Ausspruch d'Aubuisson's, wonach „die Kosten heutzutage, wo man die Erfahrung hinter sich hat, nicht die Hälfte der genannten Summe betragen würden", buchstäblich zu verstehen sei, so berechnet sich der Preis für 1 Cubikmeter zu der geringen Ziffer von 0,18 Centime = 0,144 Pfennig.

Will man für einfache Interessen und für Amortisation einen höheren Procentsatz, als 5, welcher hier nur gewählt wurde, um einen directen Vergleich mit den von Dumont für künstliche Filtration angegebenen Ziffern zu erleichtern, und zwar im Allgemeinen den Satz p gelten lassen, so braucht man die erhaltenen Resultate nur mit $\frac{p}{5}$ zu multipliciren. Alsdann muß eine gleiche Multiplication aber auch mit den für künstliche Filtration giltigen Zahlen vorgenommen werden, so daß das Verhältniß von beiden Systemen unverändert bleibt.

Indessen kann hierbei bemerkt werden, daß die Bauten der künstlichen Filtration schneller sich abnutzen, als die für das andere System, und daß demnach strenggenommen für das erste ein höherer Procentsatz in Anrechnung gebracht werden müßte.

Diese Zahlenresultate im Vergleich mit denjenigen, welche weiter oben für die künstliche Filtration angeführt wurden, vermitteln über das Verhältniß, in welchem die beiden Systeme in finanzieller Beziehung zu einander stehen, eine richtigere Vorstellung, als man sie durch unmittelbaren Anblick der Dumont'schen und anderer nicht ganz einwurfsfreier Ziffern erhält.

Allein keineswegs ist hiermit gesagt, daß sie einen untrügerischen und allgemeingiltigen Maaßstab zu liefern im Stande wären.

Zunächst ist zu bedenken, daß die Ziffern für natürliche Filtration von Erfahrungen herstammen, welche ganz anderen

Bedingungen unterworfen sind, als diejenigen, aus denen die Zahlenwerthe für künstliche Filtration abgeleitet wurden, und daß z. B. die Arbeitslöhne in Toulouse für Bauten der hier besprochenen Art bedeutend geringer sein und zur Zeit der Ausführung der dortigen Anlage viel geringer gewesen sein können, als diejenigen in England und diejenigen der Jetztzeit. Ferner aber ist selbstverständlich, daß das Kostenverhältniß je nach den Schwierigkeiten, welche sich der Ausführung der natürlichen Filtration an manchen Orten entgegenstellen, sehr bedeutend schwanken wird.

Indessen sollte hier auch nur gezeigt werden, daß keineswegs, wie heutzutage wohl behauptet wird, die natürliche Filtration schon aus Gründen finanzieller Mißverhältnisse vor dem künstlichen Systeme ein für allemal zurücktreten müsse, sondern daß im Gegentheil ihr die Vermuthung der Billigkeit in jedem Sonderfalle zuzuwenden ist.

Und nun mag am Schlusse aller dieser Erörterungen hervorgehoben werden, welcher Umstand dem natürlichen Systeme auch in dem Falle den Vorrang vor dem anderen ertheilt, in welchem die Wahl durch den finanziellen Punkt unentschieden bleibt, oder sogar auf das künstliche System fallen würde. Es ist Dies der wesentliche Vorzug, daß die natürliche Filtration, wenn passend angelegt, dem filtrirten Wasser die erforderliche Frische ertheilt. Das kalte Winterwasser durchrieselt den während des Sommers erwärmten Boden und nimmt eine lauere Temperatur an, das warme Sommerwasser findet diesen Boden in Folge der Vorgänge des Winters abgekühlt vor, giebt einen Theil seiner Wärme an denselben ab und gelangt mit verminderter Temperatur in den Sammelcanal, in die Gallerie.

Diese Wirkung, die beim künstlichen Systeme wegen zu geringer Dicke und Masse des Filterstoffes nicht erwartet werden kann, ist um so vollkommener, je mehr die Gallerie unter sonst gleichen Umständen entfernt von dem Flusse liegt; sie hängt ferner von den klimatischen Verhältnissen ab.

Für Toulouse hat eine Entfernung von 40 bis 50 Meter ausgereicht. Für unser Klima würde daher diese Entfernung ebenfalls genügen, könnte sogar noch etwas geringer angenommen werden. —

Wenn es sich nun um Anlage einer Filtration handelt, so hat, glaube ich aus den hier unternommenen Studien schließen zu können, der Ingenieur bezüglich der Prüfung über Anwendbarkeit und Ausführung des natürlichen Systemes folgende Untersuchungen anzustellen und sich folgende Fragen vorzulegen:

1) Hat der Fluß sandige und kiesige Ufer?

2) Befindet sich an einer Stelle, an welcher man aus anderen Gründen die Filtergallerie anlegen kann, und welche meistens an der inneren Seite einer Krümmung angetroffen werden wird, eine Sandbank, oder eine auf der Oberfläche des Flußbettes liegende Schicht feinen Sandes von mindestens 20 Centimeter Stärke?

3) Ist die Strömungsgeschwindigkeit des Flusses von solcher Intensität und von so wechselnder Intensität, daß die Oberfläche dieser Sandschicht von Zeit zu Zeit weggespült und durch neuen Sand ersetzt wird? Diese Intensität muß um so stärker sein, je schwerer die Theilchen der Unreinigkeit sind, und der Wechsel derselben um so häufiger sein, je mehr Unreinigkeiten der Fluß mit sich führt. Führt der Fluß schwere Thontheilchen herbei und noch dazu andauernd während längerer Zeitperioden, so ist die Wahl des natürlichen Systemes eine schon mißliche.

4) Sind die Wasserstände des Flusses nicht zu wechselnd und sind vorzüglich die Hochfluthen nicht so bedeutend, daß das Terrain, in welchem die Gallerie angelegt werden soll, überschwemmt wird, und daß hierdurch, wie durch die Beschaffenheit des Terrains der Uebelstand und die Ungehörigkeit entstehen kann, daß Unreinigkeiten in die Gallerie dringen? Sind nicht andererseits die niederen Wasserstände so abweichend von den mittleren, daß die Sandbank zum größten Theil oder ganz bloßgelegt wird, so daß die Filtration außerhalb derselben, in dem übrigen Theile des Flußbettes vor sich gehen müßte, oder daß sie, wenn sie auf den übrigbleibenden Theil beschränkt ist, eine zu bedeutende Intensität, d. h. eine Intensität von über 15 bis 20 Cubikmeter pro 24 Stunden längere Zeit hindurch annehmen würde?

Hiernach werden hohe und steile Ufer, wenn sie an der am stärksten gekrümmten Seite des Flusses liegen, am günstigsten sein.

5) Sind nicht die Schwierigkeiten, welche zu Anlegung einer Gallerie, oder eines Saugcanales überwunden werden müssen, zu bedeutend, d. h. so bedeutend, daß die Herstellungskosten für die Gallerie muthmaaßlich zu groß im Verhältniß zu einer künstlichen Filtrationsanlage ausfallen werden?

6) Hierbei hat man gleichzeitig zu beachten, daß ein offenes Bassin, oder ein offener Graben für die Aufnahme des filtrirten Wassers durchaus nicht, sondern daß nur eine geschlossene Gallerie, ein tunnelartiger Saugcanal angelegt werden darf, damit Pflanzen und Thiere darin keinen Aufenthalt suchen, und damit Sonnenstrahlen und häufiger Luftwechsel keinen verderblichen Einfluß auf das Wasser auszuüben vermögen. Man hat ferner zu beachten, daß der Saugcanal mindestens 30 bis 50 Meter vom Flusse entfernt angebracht werden muß, damit das Wasser bei Durchdringung des Bodens seine zu hohe oder zu niedere Temperatur verliert. Endlich ist zu bedenken, daß der Saugcanal eine Länge haben muß, zufolge deren die Menge des in die Sandbank pro Quadratmeter und pro 24 Stunden eindringenden Wassers nicht mehr als 2 bis 6 Cubikmeter

zu betragen braucht. Hat der Fluß wenig Unreinigkeiten und erneuert er die Oberfläche der Sandbank häufig, so kann man die größere dieser Ziffern in Rechnung ziehen, im entgegengesetzten Falle muß die kleine gewählt werden.

In den meisten Fällen wird angenommen werden können, daß die Dimension eg (Fig. 6, 7), mit welcher sich die filtrirende Fläche in den Fluß hinein erstreckt, auch bei niederen Wasserständen mindestens 3 Meter beträgt. Alsdann ist die Filterfläche pro laufendes Meter des Flusses, oder auch, da der Saugcanal parallel zum Flusse angelegt wird, pro laufendes Meter Saugcanal = 3 Quadratmeter. In Vereinigung mit den obigen Ziffern ergiebt sich hieraus, daß pro 6 bis 18 Cubikmeter in 24 Stunden zu liefernde Filtermenge 1 laufendes Meter Saugcanal anzuordnen ist.

Der Saugcanal oder die Gallerie muß bei dem stromabwärts gelegenen Anfange der Sandbank begonnen und von hieraus stromaufwärts fortgesetzt werden, so daß, wenn eine Verlängerung nothwendig werden sollte, dieselbe nicht stromabwärts angebracht zu werden braucht, wo der Schmutz der ursprünglichen Filtration sich abgesetzt hat, und wo demnach eine gute Wirkung der verlängerten Anlage unsicher wird.

Ist die Sandbank nicht von solcher Ausdehnung, daß der Saugcanal bei erforderlicher Länge entlang derselben Platz findet, so muß man an mehreren Sandbänken mehrere kürzere Saugcanäle anordnen und dieselben durch Röhrenfahrten oder durch cementirte Canäle mit einander verbinden.

7) Die Tiefe des Saugcanales ist selbstverständlich so bedeutend zu machen, daß der Boden desselben auch bei den niedrigsten Wasserständen des Flusses noch mit Wasser bedeckt bleibt, wobei außerdem darauf gerechnet werden muß, daß eine Depression des Wasserspiegels im Saugcanale gegenüber demjenigen des Flusses stattfindet. Man kann diese Tiefe zu 1 Meter unter dem Niederwasser annehmen.

8) Die Breite der Gallerie braucht nicht größer als 0,6 Meter zu sein. Nimmt man sie größer an, so erreicht man nur den Vortheil, daß die Depression in dem Saugcanale etwas geringer ausfällt und daß ein größerer Vorrath von filtrirtem Wasser vorhanden ist, daß also die Pumpen weniger hoch zu saugen brauchen, und daß in Fällen momentan stärkeren Wasserbedarfes weder in dieser Beziehung, noch in Bezug auf die Intensität der Filtration starke Abnormitäten entstehen. Uebrigens kann beachtet werden, daß die Ergiebigkeit mit der Länge des Saugcanales und mit der Depression oder Niveaudifferenz proportional ist, mit der Breite aber nur sehr wenig und zwar in einer Weise zunimmt, daß die Zunahme mit wachsender Breite gradatim immer kleiner und kleiner, und über eine gewisse Breite hinaus sogar gleich Null wird.

9) Die Höhe des Saugcanales war in Toulouse nur so groß, daß ein Knabe zum Behufe des Reinigens hineingehen konnte, betrug nämlich 1,5 Meter. Man könnte glauben, daß bei dieser verhältnißmäßig geringen Höhe und bei Hochwasserständen ein namhafter Druck von unten nach oben gegen die Decke des Saugcanales geäußert würde, und daß dieser Druck zerstörend auf die Structur wirkte. Allein es ist zu bedenken, daß das Wasser auch in dem Boden sich verbreitet, welcher über dem Saugcanale sich befindet, und daß daher jener Druck durch einen von oben kommenden ausgeglichen wird. Die Höhe von 1,5 Meter kann mithin beibehalten werden, und nur ist zu beachten, daß für eine Verbreitung des Flußwassers in die über dem Saugcanale befindlichen Kiesmassen Sorge getragen werden muß, und daß nicht etwa, wie es in Lyon geschah, durch Einbau einer wasserdichten Wand diese Verbreitung verhindert werden darf. Ebenso ist aber auch zu beachten, daß die Erdschichten, welche nach erfolgtem Bau des Saugcanales zu Ausfüllung der Grube verwendet werden, rein sind, weil sonst, obgleich das Wasser durch die im Flusse gelegene Sandschicht gut filtrirt wird, bei Hochfluthen dennoch Unreinigkeiten in den Saugcanal dringen können. Auch wird es zweckmäßig sein, die Bodenoberfläche über dem Saugcanale mit einer Sandschicht von etwa 10 Centimeter Dicke zu überschütten und dieselbe nach jeder Hochfluth zu erneuern.

10) Was endlich die vorläufige Abschätzung der Herstellungskosten betrifft, so ist erstens zu bedenken, daß die Erwerbung des Grund und Bodens für einen Saugcanal des natürlichen Filtrationssystemes in den meisten Fällen billiger kommen wird, als die Erwerbung eines Platzes, auf welchem das Bassin des künstlichen Filtrationssystemes und das Reservoir für das Reinwasser hergestellt werden kann, und zwar deshalb, weil letzterer an einem noch weniger als ersterer von den Hochfluthen gefährdeten und demnach werthvolleren Orte liegen muß. Zweitens ist zu bedenken, daß für den Saugcanal Constructionsarten angewendet werden können, welche noch viel weniger Herstellungskosten erfordern, als die Gallerie in Toulouse. So führt z. B. Darcy auf Seite 586 seines mehrfach genannten Werkes an, daß der Saugcanal der Filtrationsanlage in Nottingham, welcher cylindrisch ist, 1,2 Meter Durchmesser hat, und aus Trockenmauer (Ziegeln ohne Mörtel) von 2 Ziegeldicken besteht, nur 41,5 Fr. pro laufendes Meter mit Einschluß der Ausgrabung von 3,6 Meter Tiefe gekostet habe. Wenn man dieser Angabe vollen Glauben schenken und dieselbe außerdem so verstehen darf, daß überhaupt alle Herstellungsarbeiten und Herstellungskosten darin einbegriffen sind, so ergiebt sich ein Resultat, welches die pecuniäre Seite der Frage zu Gunsten des natürlichen Systemes mit allem Uebergewichte ausschlagen macht.

Denn das laufende Meter des toulouser Saugcanales

kostete $\frac{67871}{250} = 270$ Fr., war also beinahe 7 mal so theuer, als das hier erwähnte von Nottingham, und dennoch betrug der Preis für das Cubikmeter filtrirten Wassers nur 0,296 Pfennig, während er für künstliche Filtration von Dumont zu 0,64 Pfennig angegeben, und demnach für erstere noch nicht halb so hoch als für letztere war. —

Glaube ich hiermit die beim Projectiren einer natürlichen Filtrationsanlage zu befolgenden Grundsätze ausgesprochen zu haben, so hoffe ich zumal auch dem in neuerer Zeit vorzüglich durch Dumont's Nachlaß zur Geltung gekommenen Irrthume entgegengetreten zu sein, als brauche das natürliche System schon wegen des Kostenpunktes einer weitergehenden Berücksichtigung nicht mehr unterzogen, als könne dasselbe vielmehr als antiquirt und als das Ueberbleibsel eines überwundenen Standpunktes betrachtet werden. Und hierdurch wieder hoffe ich dem Fehler vorbeugen zu helfen, den man leider so oft auch auf anderen Gebieten der Technik begeht, dem Fehler nämlich, die Wahl von Systemen einer Mode zu unterwerfen und dieselbe von deren planlosen Wellenbewegungen hin- und herschaukeln zu lassen.

Jedes System von Bauten, Anlagen und Maschinen, selbst das anscheinend schlechteste und veraltetste, kann unter Umständen als das beste und räthlichste sich herausstellen; der ausführende Ingenieur hat die Aufgabe zu erfüllen, in jedem Sonderfalle sämmtliche Systeme zu berücksichtigen und nicht eines zu wählen, blos weil es mehrseitig gerühmt wird, oder weil es sich hier oder dort besonders gut bewährt hat.

Der Grundsatz, praktisch bewährte Anlagen oder Bauten zum Muster und zur Richtschnur zu nehmen, ist allerdings ein richtiger; er ist ein nicht blos aus Gründen der Vorsicht räthlicher, sondern ein durch den zur Zeit noch wenig hohen Standpunkt und durch die in vieler Hinsicht noch lückenhafte Ausbildung mancher Zweige der technischen Wissenschaften gebotener. Allein der Ingenieur höherer Ordnung soll deshalb nicht schablonenmäßig oder leistenartig nachahmen, er soll vielmehr die Fälle, deren die Wissenschaft Herrin ist, von denjenigen zu unterscheiden wissen, welchen noch die Empirie gebietet, und er soll über jenen Grundsatz den höheren stellen, die mechanischen Kräfte und die Gestaltungen der Natur, welche an den verschiedenen Oertlichkeiten so verschieden an Intensität, Quantität und Gepräge sind, nach dem jeweilig giltigen Münzfuße des industriellen und commerziellen Verkehres für Industrie und öffentliches Wohl zinsbar zu machen und bis zum höchstmöglichen Procentsatze auszunutzen.

Ueber die Drainirung der Stadt London.

Von

Louis Jacobi in London.

(Hierzu Tafel 18.)

Bei dem Besuche der großen Londoner Industrie- und Kunstausstellung wurde die Aufmerksamkeit des Verfassers, sowie jedes Besuchenden auch auf die neue Drainage dieser Weltstadt hingelenkt, da nicht nur den Einwohnern, sondern selbst den Fremden die Ausdünstungen der Themse bald unerträglich zu werden anfingen. Bei wiederholten späteren Besuchen der Metropolis drängten sich mir Ideen auf, wie diesem Uebel in gründlicherer Weise abzuhelfen sei, als durch die in Ausführung begriffene neue Drainage, welche in der That nicht viel mehr, als ein einstweiliges Milderungsmittel abgiebt.

Meine Pläne würden nicht blos eine vollständige Verbesserung des Zustandes des Themseflusses und die möglichste Reinigung der Atmosphäre der Stadt London zur Folge haben, sondern zugleich auch Raum schaffen und daher einen Abzug für die überfüllten Straßen und Häuser längs der beiden Stromufer in der Stadt bewerkstelligen, weshalb ich diese Ideen, welche sich auf einfache, an Ort und Stelle gesammelte Thatsachen stützen, näher begründen und der Oeffentlichkeit übergeben zu sollen glaube.

In der Themse bei London zeigen sich, durch das nahegelegene Meer hervorgerufen, Ebbe und Fluth, in ziemlich bedeutendem Maaße, indem die größte Niveaudifferenz 25 Fuß beträgt.*) Ein mit Beginn der Ebbe in die Themse geworfener Körper schwimmt den Fluß ungefähr 12 Meilen

---

*) Die Fluthhöhen der Themse im östlichen Theile von London bei Deptford sind folgende:

weit hinab und kehrt mit der Fluth beinahe ebenso weit zurück, indem das Zurückbleiben für einen Fluthwechsel nur ¼ engl. Meile oder 1320 Fuß*) beträgt. Dieser Fluthwechsel findet in 24 Stunden, oder etwas darüber, zweimal statt, sodaß ein schwimmender Körper dem Meere täglich nur eine halbe Meile zurückt. Diese Zahlen sind natürlich nur als Durchschnittszahlen giltig, denn bei Springfluthen oder Springebben werden schwimmende Körper mehrere Meilen weit hinauf- oder hinabgeführt, was sich jedoch endlich auch wieder ausgleicht.

Da die neuen Auslaßschleußen in circa 14 Meilen Entfernung unterhalb der Londonbrücke in den Strom einmünden, wie dies aus Fig. 1 auf Taf. 18 zu ersehen ist, so wird die Kloakenflüssigkeit nach dem Auslassen in den Fluß zwar bis zu 26 Meilen Entfernung von der Londonbrücke mit fortgerissen werden, im Ganzen aber doch täglich nur ein paar Tausend Fuß weit dem Meere zurücken. Bedenkt man nun, daß diesen Kloaken unaufhörlich die Auswurfstoffe von den drei Millionen Einwohnern Londons zufließen, so kann man sich einen Begriff von dem widerlich unreinen Zustande des Wassers in der Themse bei London bilden.**)

Nach dem Urtheil der berühmtesten Chemiker und Ingenieure Englands besteht übrigens das größte Uebel nicht sowohl in der Menge der in dem Wasser der Themse enthaltenen organischen Bestandtheile, sondern vielmehr darin, daß die Ufer des Stromes in der Stadt bei jeder Ebbe blosgelegt werden; dort bilden sich nämlich Niederschläge, welche in der Sonnenhitze in Gährung übergehen und die Luft in der gefährlichsten Weise verpesten. Durch das Aufwühlen und Fortwaschen bei Ebbe und Fluth wird der Schleußenunrath sehr vollständig gemischt, da die Wassergeschwindigkeit beim Herauf- oder Herunterfließen des Stromes zwei Meilen in der Stunde beträgt, und diese Gegenstände werden durch diese ununterbrochene Berührung mit Wasser und Luft in der Themse so umgewandelt und oxydirt, daß sie fast unschädlich sein würden; die Niederschläge an den Ufern des Stromes werden dagegen während der Zersetzung durch ihre schädlichen Ausdünstungen ein wahrer Verderb für die Atmosphäre Londons.*)

Man ist deshalb in London mit der Ausführung des in Fig. 1 auf Taf. 18 skizzirten Schleusensystemes beschäftigt, welches die alten nach der Themse führenden Schleusen rechtwinklig durchschneidet, die darauf abfließenden Flüssigkeiten absangen und sich außerhalb Londons zu einer einzigen Hauptschleuße vereinigen soll, welche nach einem mehrere Meilen unterhalb London gelegenen Reservoir führt. In Letzterem wird nun die Unrathflüssigkeit angesammelt, und nur bei eintretender Ebbe, wenn der Themsestrom zu fallen anfängt, daraus abgelassen werden. Da die Themse London in zwei Haupttheile, den nördlichen und den südlichen, theilt, so war auch ein doppeltes Schleusensystem erforderlich, das eine für das nördliche, das andere für das südliche London, und jedes mußte sein besonderes Reservoir erhalten.**)

Das südliche London, welches sich mit Riesenschritten vergrößert, liegt sehr niedrig; es giebt dort gewisse Stadttheile, welche auf dem Trottoir sechs Fuß niedriger liegen, als die Hochwassermarke des Flusses. Dieser Stadttheil konnte also zeither seine Cloaken nur bei dem niedrigsten Ebbestande entleeren und war während 16 Stunden am

+ 16',00 außergewöhnliche Fluth,
+ 13',14 höchste Springfluth (Hochwasser-Marke),
+ 10,97 Mittleres Hochwasser,
+ 8,07 Niedriges Hochwasser,
+ 2,02 Mittelstand des Flusses,
± 0',00 Ordnance Datum (Nullpunkt),
— 4,61 Höchste Ebbe,
— 6,94 Mittlere Ebbe,
— 9,19 Niedrigste Springebbe.

*) Alle Maaße und Gewichte, welche hier benutzt werden, sind englische.

**) Der nördliche Theil der Stadt London bedeckt eine Fläche von 59 Quadratmeilen zu drainirenden Landes. Die Menge der abzuführenden Flüssigkeit beträgt nach den Voranschlägen ungefähr 14000 Cubikfuß pro Minute während 6 Stunden des Tages und 4700 Cubikfuß pro Minute während der übrigen 18 Stunden. Auf der Südseite der Stadt sind pro Minute circa 8000 Cubikfuß während 6 und 2700 Cubikfuß während der übrigen 18 Stunden des Tages abzuführen. Bei diesen Voranschlägen wurden für die schwachbevölkerten Theile der Stadt 10000, für die stärker bevölkerten 20000 und für die am stärksten bevölkerten Stadttheile 30000 Einwohner auf die Qu.-Meile in Rechnung gebracht und hiernach die bei dem vorhandenen Gefälle erforderliche Weite der Schleußen berechnet.

*) Als die Cholera in London wüthete, war ihr Auftreten an den Lauf der Hauptschleusen, an die Flußufer oder niederen Stadttheile gebunden. Während z. B. auf der einen Seite der Themse in Bermondsey 20,1 Todesfälle auf 1000 Einwohner kamen, stellte sich gerade gegenüber in Wapping die Sterblichkeit blos zu 3,3 auf 1000 heraus. Im nördlichen Wasserdistricte, zwischen der Southwark- und der Blackfriarsbrücke, kam blos 1,8 Sterbefall auf 1000 Einwohner, während dem Flusse gerade gegenüber 20,8 Todesfälle pro Mille stattfanden. Die beiden Districte Bermondsey und Wapping liegen beide unter der Hochwassermarke, und Letzterer ist noch stärker bebaut und bevölkert, als Ersterer. In Deptford gab es 20,6 Todesfälle auf 1000 Einwohner, während gegenüber auf der Isle of Dogs, welcher District sehr schlecht drainirt und auf 3 Seiten vom Flusse umgeben ist, nur 4,4 Todesfälle pro 1000 verzeichnet wurden. Unter den baltischen Städten trat in Copenhagen, wo keine Drainage vorhanden ist, die Cholera gar nicht auf, während andere sehr darunter litten.

**) Man rechnet, daß in trockenen Sommern ungefähr 180000000 Cubikfuß Wasser in 24 Stunden die Londonbrücke passiren, wobei die Wassermenge der Themse bei Taddington zu 10000000 Cubikfuß angenommen ist. Der Regenzufluß wird nämlich für die Nordseite der Stadt zu 28400000, derjenige auf der Südseite zu 17500000 Cubikfuß und die Quantität der Closetflüssigkeiten zu 34000000 Cubikfuß abgeschätzt, wonach sich die durch die Schleusen abzuführende Flüssigkeitsmasse auf ca. 80 Millionen Cubikfuß in 24 Stunden berechnet.

Tage ein Reservoir für die Alles verpestende Schleusenflüssigkeit. Für die Bewohner dieses Stadttheiles ist somit die neue Schleuseneinrichtung ein großer Segen, da nunmehr die Schleusenflüssigkeit in geräumigen unterirdischen Canälen ununterbrochen nach einer östlich bei Deptford gelegenen Pumpenstation abfließt. Auf Letzterer wird der ca. 8000 Cubikfuß pro Minute betragende Zufluß dieser Canäle 10 bis 20 Fuß hoch gehoben, je nachdem er eintrifft, und fließt dann, vereinigt mit der Flüssigkeit der andern Schleusen, durch eine 11½ Fuß weite Röhre ab, welche unter Greenwich und Woolwich weggeführt ist und sich in ein 13½ Meilen von der Londonbrücke entferntes Reservoir (das Crossneß-Reservoir) ergießt. Aus diesem wird die Flüssigkeit wieder durch Maschinenkraft 17 Fuß hoch gehoben und blos bei Beginn der Ebbe dem Strome übergeben.*)

Ganz analog ist auch die Einrichtung des neuen Schleusensystemes im nördlichen Stadttheile von London, wo ebenfalls drei mächtige Canäle das alte Schleusensystem durchkreuzen, nämlich einer im hochgelegenen, einer im mittleren und einer im niedrigsten, nahe am Flusse gelegenen Stadttheile. Letzterer führt, ebenso wie die beiden anderen Canäle, den Inhalt der Schleusen nach einer außerhalb der Stadt, östlich von London gelegenen Pumpenstation bei Abbey Mill, wo die Flüssigkeit dieses Stranges 37 Fuß hoch gehoben werden muß, um dann, mit derjenigen der beiden andern Canäle vereinigt, in einem dreifachen, 6½ Meile langen Röhrenstrange (jede Röhre 9 Fuß weit im Lichten) nach dem nördlichen Reservoir bei Barking abzufließen.

Um den Inhalt der unteren Hauptschleuse auf die bezeichnete Höhe zu heben, werden 647 Pferdekräfte erfordert, und man will doppelte Maschinen aufstellen, um für alle Fälle gedeckt zu sein. Sollte der noch weiter westlich gelegene Theil Londons mit in den Umfang dieser unteren Hauptschleuse aufgenommen werden, so würden bei der Abbey Mill-Pumpenstation 1184 Pferdekräfte zur Hebung der Schleusenflüssigkeit erforderlich sein und man würde dann natürlich ebenfalls doppelte Maschinen aufstellen müssen. Dieser nordwestlichste Theil von London sollte nach den früheren Plänen für sich entwässert werden, indem man Reinigungswerke, sogenannte Deodorizing Works anzulegen, Düngmaterialien zu bereiten und das gereinigte Wasser dann in die Themse zu schlagen beabsichtigte. Da aber die untere Hauptschleuse noch nicht vollendet ist, und man sich zur Anlage solcher Düngerbereitungsanstalten nicht entschließen konnte, so wird man wahrscheinlich die westlichen Schleusen der unteren Hauptschleuse noch anschließen, muß aber dann die Flüssigkeit sämmtlicher westlicher Schleusen vorerst noch mittelst Maschinenkraft 15½ Fuß hoch heben.

Vielfache Versuche und Analysen haben ergeben, daß die Schleusenflüssigkeit, wenn sie in gehörigem Maaßstabe mit Wasser und Luft gemischt wird, sich vollständig zersetzt und ganz unschädlich, ja fast unbemerkbar wird. Bei Barking und Crossneß, in der Gegend der beiden großen Auslaßreservoire, ist nun der Querschnitt der Themse viermal so groß als bei der Londonbrücke, und die Wassermasse der Themse 400 mal so groß, als die Gesammtmasse der Londoner Schleusenflüssigkeit. Das Themsewasser enthält 2,7 bis 5,6 Grains von organischen Bestandtheilen in einer Gallon, wie sich bei Analysirung des bei der Londonbrücke, bei Barking, Manchester, Kew und Richmond, also innerhalb, ober- und unterhalb Londons geschöpften Themsewassers ergeben hat. Das Hochwasser ist reicher an organischen Bestandtheilen, als das Wasser zur Zeit der Ebbe, wo am meisten Seewasser mit dem Festlandwasser gemischt ist.

Desinficirungsanlagen, wie sie für den westlichsten Theil von London projectirt waren, sind in neuerer Zeit in mehreren Städten Englands mit bestem Erfolge ausgeführt worden. In Leister z. B., wo in Folge der Verpestung von Wasser und Luft Menschen, Vieh und Pflanzen zu siechen und zu sterben anfingen, ist den Menschen Gesundheit, den Gräsern und Blumen an den Flußufern ihr Gedeihen wiedergegeben worden, seit der Fluß durch Reinigungsmittel, besonders durch Kalk, so desinficirt worden ist, daß er genießbares Wasser führt. Diese Stadt zählt 65000 Einwohner und erzeugt täglich 3000000 Gallons Schleusenflüssigkeit, zu deren Desinficirung im Winter 3, im Sommer bis zu 16 Grains Kalk pro Gallon erforderlich sind. Die Menge des hierbei fallenden Niederschlages beträgt das Drei- bis Vierfache vom Gewichte des verwendeten Kalkes. Letzterer muß gut gebrannt und nachher gut gelöscht werden, wenn man eine wirksame Kalkmilch erhalten will, und diese muß mit der Schleusenflüssigkeit in dem angegebenen Verhältniß gemischt, gut durchgerührt und dann mindestens eine Stunde in Ruhe gelassen werden, damit sie sich setzen kann. Die Niederschläge sollten wenigstens aller zwei Tage entfernt werden und werden sich sicher als Düngemittel mit Nutzen verwenden lassen, wenn nur der Oekonom ihre Wirksamkeit und ihre beste Verwendungsweise gehörig studirt.

*) Die bei dem Crossneß-Reservoir aufgestellten Maschinen haben 500 nominelle, also mindestens 700 wirkliche Pferdekräfte und bestehen aus 4 doppeltwirkenden Condensationsmaschinen, welche je zwei Sätze von Plungerpumpen bewegen. Die Balanciers sind 40 Fuß lang, die Schwungräder 27 Fuß hoch und 50 Tons = 1000 Centner schwer. Die Dampfkolben haben 48 Zoll Durchmesser und 9 Fuß Hub, die massiven Pumpenkolben, deren acht für jede Maschine, also überhaupt 32, vorhanden sind, 4 Fuß 6 Zoll Durchmesser und zur Hälfte diesen, zur Hälfte nur 2' 3'' Hub. Die Pumpenkasten sind 12 Fuß weit, die beiden Ausflußröhren je 32 Fuß lang, 11½ Fuß breit und 10 Fuß hoch. Die dazu gehörigen zwölf Dampfkessel haben 6 Fuß Durchmesser bei 30 Fuß Länge. Das Maschinenhaus ist 154' lang und 54' tief, das Kesselhaus 112' lang und 64' tief, der Schornstein aber 200' hoch.

In Tottenham, wo die Masse der täglich abfallenden Schleusenflüssigkeit bei einer Bevölkerung von 10000 Einwohnern 175000 Gallons beträgt, wendet man zur Reinigung ebenfalls Kalkmilch an und zwar 12 Grains pro Gallon, sodaß man wöchentlich eine Tonne Kalk verbraucht. Nach Beobachtungen des erfahrenen Professor Letheby ist dieser Zusatz genügend, indem sich die in der Flüssigkeit schwimmenden organischen Bestandtheile schnell aus der Mischung niederschlagen und das zurückbleibende Wasser ziemlich klar und fast geruchs- und geschmacklos ausfällt, obgleich daraus ungefähr nur ein Viertheil der aufgelösten Stoffe ausgefällt ist. Wird dieses Wasser dann mit dem fünf- bis siebenfachen Quantum reinen Wassers gemischt und der Luft ausgesetzt, so wird man keine Unreinigkeit mehr riechen oder sehen können.

Allein die Kosten dieses Verfahrens sind sehr bedeutend. So ergeben die in dieser Beziehung aufgestellten Voranschläge, daß eine Million Cubikfuß Wasser in der angegebenen Weise mit Kalk zu reinigen jährlich ungefähr 500 Pfund Sterl. Kosten verursachen würde, und da London gegenwärtig 80 Millionen Cubikfuß Schleusenflüssigkeit pro Tag zu desinficiren hat, so würde dies einen jährlichen Aufwand von 40000 Pfund Sterl. veranlassen. Allerdings dürfte die Ausübung dieser Reinigung während der sechs Wintermonate erspart werden können, wodurch sich der Aufwand auf 20000 Pfund Sterl. (130000 Thr.) reduciren würde, allein es steht zu befürchten, daß auch dieser Aufwand durch den Verkauf des gewonnenen Düngers nicht gedeckt werden würde. Wenn nun andrerseits nachgewiesen ist, daß der aus den Schleusen erhaltene Düngestoff durch längeren Aufenthalt im Wasser zerstört wird, und wenn es einleuchtend ist, daß bei den in London vorhandenen enormen Quantitäten die Kosten und die Schwierigkeiten der Handhabung in ungeheurem Maaßstabe wachsen müssen, so erschien die Anwendung dieser Methode für London fast unausführbar; wollte man aber diese Massen in flüssigem Zustande als Düngestoff verwenden, so würde man zu ihrer Aufsammlung für London einen District so groß wie die Grafschaft Rutland benöthigen und außerdem ohne Zweifel der Entstehung besonderer Krankheiten, z. B. einer bösartigen Sumpf-Malaria ausgesetzt sein. Indessen hat das Londoner Stadt-Bauamt (the Metropolitan Board of Works) diese Angelegenheit in neuester Zeit wieder aufgenommen, da die in andern Städten gemachten günstigen Erfahrungen zu einer nochmaligen Prüfung auffordern mußten.

Bei der Aufstellung der erforderlichen Weite der Schleusen wurde von einem täglichen Wasserbedarf von 5 Cubikfuß pro Kopf ausgegangen, was etwas mehr ist, als die Bevölkerung Londons jetzt erhält, aber auch sämmtliche Closetflüssigkeit, Spül- und Scheuerwasser, Abfälle aller Art u. dergl. umfaßt. Von dieser Flüssigkeit ist angenommen, daß die Hälfte davon in 6 Stunden abzuführen ist. Hierzu kommt nun noch die Regenwassermenge und diese hat man auf Grund sehr zahlreicher Beobachtungen für die am wenigsten bevölkerten Stadttheile zu $^1/_8$ Zoll, in den dichtbevölkerten zu $^1/_4$ Zoll in 24 Stunden veranschlagt. Daß man für die dünnbevölkerten Stadttheile einen geringeren Regenwasserzufluß angesetzt hat, als für die dichtbevölkerten, wird dadurch motivirt, daß in letzteren Stadttheilen die Oberfläche nur mit Stein (Dächern, Trottoirs, Pflaster u. s. w.) bedeckt ist, die Niederschläge also rasch den Schleusen zugeführt werden, während in den dünner bevölkerten Stadttheilen auch freie Plätze, Gärten und weicher Boden und weniger Schleusen vorhanden sind, ein Theil des Regenwassers also von dem Boden aufgesogen und durch Verdunstung wieder in die Atmosphäre zurückgegeben wird, ohne den Schleusen zuzufließen.

Ueber die Quantität des abfließenden Regenwassers beobachtete man Folgendes: Bei einem anhaltenden Regen, welcher im Udiometer 2,9 Zoll in 36 Stunden ergab, wurden durch die Schleuse (den Savoy Street Sewer) $64^1/_2$ Procent des Niederschlages abgeführt, während $35^1/_2$ Procent nicht in die Schleuse gelangten. Bei einer andern Schleuse (dem Ratcliff Highway Sewer) beobachtete man, daß während eines Regenfalles von 2,895 Zollen in 25 Stunden nur 52 Procent des gefallenen Regens in die Schleuse gelangten, und 48 Procent sich anderweit verloren. Aus diesen Beobachtungen hat man gefolgert, daß ein Regenfall von 0,4 Zoll in 24 Stunden nicht mehr als 0,25 Zoll Zugänge in die Schleusen liefern werde; ja selbst ein ungewöhnlich starker Regen von 3,3 Zoll in 2 Stunden 20 Minuten vermehrte die Strömung in den Schleusen nicht erheblich.

Ueber letzteren Gegenstand, nämlich über die erforderliche Geschwindigkeit der Cloakenflüssigkeit in den Schleusen ergeben die Beobachtungen unter Anderem Folgendes: Bei einer Geschwindigkeit von 16 Zoll pro Secunde am Boden werden Ziegelstücke mit fortgerissen, bei $21^3/_4$ Zoll Geschwindigkeit sogar eiserne Schraubenbolzen. Anderweite Beobachtungen zeigten, daß bei einer Geschwindigkeit von $2^1/_2$ Fuß pro Secunde alle Niederschläge in Röhren und Schleusen vermieden werden. Wenn die Geschwindigkeit der Flüssigkeit 3 Zoll pro Secunde beträgt, so wird feiner fester, zu Töpferwaaren geeigneter Thon abgewaschen und mit fortgeführt, bei 6 Zoll Geschwindigkeit Sandkörner von der Gröbe des Leinsaamens, bei 12 Zoll Geschwindigkeit mittelgrober Kies und bei 24 Zoll Geschwindigkeit pro Secunde selbst grober Kies von 1 Zoll Durchmesser. 3 Fuß Geschwindigkeit sind erforderlich, um eckige Steine von der Gröbe eines Hühnereies mit fortzureißen; deshalb erklärt Stephenson letztere Geschwindigkeit als die anzustrebende

Normalgeschwindigkeit, vorausgesetzt, daß in der Schleuse ein gleichförmiger Strom stattfindet, und derselben Meinung sind die Herren **Hayward** und **Bazalgette**, welcher Letztere seit Jahren der Ingenieur des Metropolitan Board of Works ist, und dessen ausgezeichnete Befähigung und Erfahrung sich bei Ausführung der großartigen Werke der Metropolis glänzend zu erproben Gelegenheit gehabt hat.

Uebrigens hängt wie bei jedem andern Wasserlaufe die Geschwindigkeit der Flüssigkeit in einer Schleuse sowohl von den Querschnittsdimensionen, als von dem Gefälle ab, und man hat in dieser Beziehung folgende Beobachtungen gesammelt. Schleusen von 9′ 6″ Durchmesser und 2 Fuß Gefälle pro Meile erzeugen eine mittlere Geschwindigkeit von 2 Meilen in der Stunde, wenn sie zu drei Viertheilen gefüllt sind, aber nur 1,88 Meile, wenn sie halb, 1,66 Meile Geschwindigkeit, wenn sie zu ein Drittheil gefüllt sind. In einer Schleuse von 10 Fuß Durchmesser und 2 Fuß Gefälle pro Meile bildet sich, wenn sie halb voll läuft, dieselbe mittlere Geschwindigkeit, wie in einer Schleuse von 2 Fuß Durchmesser und 10 Fuß Gefälle pro Meile.

Um nochmals auf das ekelerregende Ansehen des Themseflusses zurückzukommen, so ist hier zu bemerken, daß dasselbe nicht allein von der Verunreinigung durch die sich aus den Schleusen ergießenden organischen Bestandtheile herrührt, sondern daß hieran hauptsächlich mineralische Bestandtheile Schuld sind, welche durch die wühlende Macht der Ebbe und Fluth, durch Stürme und Regen herbeigeführt werden und dem Themsewasser sein abstoßendes Ansehen geben. Der überwiegend starke Gehalt an mineralischen Stoffen wird durch zahlreiche Analysen bestätigt.*)

Vergegenwärtigt man sich nun die im Obigen dargelegten Verhältnisse, so drängt sich uns die Ueberzeugung auf, daß zweierlei Ausführungen unbedingt erforderlich sind, um der Stadt London eine gesunde Luft zurückzugeben;

man muß nämlich erstens den Themsestrom so weit einengen, daß keine nackten Ufer mehr sichtbar werden,

und man muß zweitens oberhalb der Londonbrücke immer einen gleichmäßigen Wasserstand zu erhalten suchen, also Ebbe und Fluth von dort verbannen.

Wird die Londonbrücke in einen Damm verwandelt, so wird dadurch die Stadt London in zwei Gebiete getheilt, nämlich in das oberhalb der Brücke gelegene **Flußgebiet** mit Uferfahrstraßen, Ufereisenbahnen und Flußschifffahrt und in das unterhalb der Londonbrücke gelegene **Seegebiet** mit seinem Welthandel zu Wasser und zu Lande.

London hat jetzt nahe an 3 Millionen Einwohner und dürfte in 50 Jahren eine Million Einwohner mehr zählen; es liegt auf einer Insel und ist eine der ersten Handelsstädte der Welt, drängt sich also naturgemäß hauptsächlich dem Strome, seiner Lebensader, zu. Deshalb sollten aber auch die energischsten Maaßregeln ergriffen werden, um diese Gegenden in Bezug auf Salubrität und Wohnlichkeit zu verbessern, und man sollte sich nicht mit einer so halben, ungenügenden Maaßregel begnügen, wie die jetzt in Ausführung begriffene neue Drainage, welche sehr ansehnliche Summen kostet*) und doch nicht das erzielt, was durch

---

*) Das bei der Londonbrücke geschöpfte Themsewasser hielt in einer Gallon

	bei niedrigem Wasserstande an aufgelösten	an schwimmenden Bestandtheilen:
mineralische Stoffe	18,3 Grains	3,9 Grains.
organische „	1,6 „	1,1 „
	bei Hochwasser:	
mineralische Stoffe	20,8 Grains	2,7 Grains.
organische „	1,9 „	1,1 „

Themsewasser von Barking Point (11½ Meilen unterhalb Londonbrücke)

	bei niedrigem Wasserstande an aufgelösten	an schwimmenden Bestandtheilen:
mineralische Stoffe	100,6 Grains	6,6 Grains.
organische „	2,8 „	2,8 „
	bei Hochwasser:	
mineralische Stoffe	849,3 Grains	5,7 Grains.
organische „	3,0 „	0,5 „

Themsewasser von Higham Creek

	bei niedrigem Wasserstande an aufgelösten	an schwimmenden Bestandtheilen:
mineralische Stoffe	1271,1 Grains	1,8 Grains.
organische „	3,4 „	0,2 „
	bei Hochwasser:	
mineralische Stoffe	1780,4 Grains	1,9 Grains.
organische „	2,7 „	0,3 „

Flüssigkeit aus der Northumberland Wharf-Schleuse in London:

mineralische Stoffe 108,0 Grains in 1 Gallon.
organische „ 65,0 „ „

*) Um dem geehrten Leser Gelegenheit zu geben, sich ein Urtheil über die Kosten dieser Anlage, welche doch eigentlich nur den Inhalt der alten (allerdings schon Tausende von Meilen langen) Schleusen weiter tragen soll, zu bilden, wollen wir hier einige bezügliche Dimensionen und Contractssummen mittheilen. Das nördliche Auslaßreservoir bedeckt eine Fläche von 10 Ackern Landes, ist 17′ tief und faßt 6243000 Cubikfuß. Es ist überwölbt, so daß die Beamtenwohnungen, Restaurationslocale u. s. w. unmittelbar darüber angebracht sind. Seine Fundamente reichen 18′ tief bis in festen Kiesboden und wurden mit 1100000 Thlr. veraccordirt. Das südliche Reservoir ist, obgleich kleiner, doch der Pumpenanlagen und sonstiger Schwierigkeiten halber bedeutend theurer; es deckt eine Fläche von 6½ Ackern, ist 17′ tief und faßt 4340000 Cubikfuß. Dasselbe ist ebenfalls überdeckt und wurde mit 2 Mill. Thalern vergeben.

Ein einziger Unternehmer, Mr. **Furneß**, übernahm die 5½ Meilen lange Abzugsschleuse von Abbey Mill bis Barking und das dortige Reservoir dazu; für erstere erhielt er 4334000 Thlr. Alle Bauanschläge und Zeichnungen sind dem Publikum zugänglich, Letztere wurden sogar lithographirt und in dieser Weise dem Unternehmer übergeben.

Die ganze Anlage kostet 3 Millionen Pfund Sterl. (20000000 Thaler) und diese uns Deutschen so enorm erscheinende Summe, wenigstens wenn es sich um eine Sache des höheren Comforts und der Salubrität handelt, findet ihre Erklärung in den durch die großartigen

die soeben vorgeschlagenen Ausführungen mit einem Aufwande von etlichen Millionen Pfund Sterl. mehr zu erreichen sein würde.

Die Sperrung der Themse bei der Londonbrücke würde übrigens keine Störung des Handels verursachen, da die Seeschifffahrt an dieser Brücke ihr Ende erreicht, und Alles, was zu Wasser nach London gebracht wird, dort entweder an's Land geschafft oder auf Leichtkähnen durch die Bogen der Brücke versandt wird. Früher, wo die Themse durch das schwerfällige, nur ein geringes Durchflußprofil bietende Bauwerk der alten Londonbrücke an der fraglichen Stelle eingeengt war, drang auch die Fluth nicht so weit aufwärts, als dies leider jetzt nach Errichtung der neuen, nur fünf weite und geräumige Bogen bietenden Brücke der Fall ist. Würden diese Bogen durch Mauerwerk bis zu der Höhe, bis zu welcher etwa die höchste Springfluth ansteigt, geschlossen, so würde sich hinter diesem Damme die noch nicht verunreinigte Themse wie vor einem Wehre aufstauen und über denselben abfließen, während durch Grundablässe in diesem Damme am Boden des Flusses die Ausspülung von Schlamm und Unrath zu Ebbezeiten ermöglicht würde. Für die durchaus nicht zu entbehrende wichtige Verbindung zwischen dem See- und Süßwassergebiete der Stadt ließe sich durch Vorkehrungen, welche weiter unten näher besprochen werden sollen, in viel vollkommener Weise Sorge tragen, als dies jetzt der Fall ist.

Da, wie schon oben bemerkt ist, die bei jeder Ebbe blosgelegt werdenden Themseufer die Hauptursache der Verschlechterung der Atmosphäre sind, besonders im Sommer, so ist gegen diesen Uebelstand nur in einer Einengung des Flußbettes Hilfe zu finden, und hierdurch erwachsen außerdem noch unberechenbare Vortheile für London. Denn auf diesem, dem Strome abgewonnenen und angemessen über den Fluß erhöhten Boden würde sich die vortrefflichste Gelegenheit zur Anlage schöner Fahrstraßen und anmuthiger Promenaden bieten; ja noch mehr, diese Flußeinengung würde gestatten, längs der dem Wasser zunächst gelegenen Seite eine viergeleisige Eisenbahn anzulegen, durch welche nicht nur das Seegebiet mit den Speichern der inneren Stadt in unmittelbare Verbindung gebracht, sondern auch der lebhafte Personenverkehr von einem Ende der Stadt zum andern befördert werden würde.

Diese Anlagen sind in Fig. 2 bis 6 der zugehörigen Tafel skizzirt.

Dimensionen Londons erwachsenden besonderen Schwierigkeiten. Denn die Drainage einer Stadt von 100000 Einwohnern wird in der Regel mehr kosten, als diejenige von 10 Städten zu 10000 Einwohnern, weil bei einer sehr großen Längenerstreckung die Flüssigkeiten von den höhern nach den niedern Stadttheilen abgeführt und deshalb die Schleusen zum Theil in einem viel größeren Maaßstabe ausgeführt werden müssen, als für das eigentliche Localbedürfniß erforderlich wäre.

Für den Frachtverkehr würde auf jedem Ufer ein Doppelgeleis nächst den Straßenkellern genügen, für den Personenverkehr aber könnte ein Doppelgeleis derartig gelegt werden, daß das eine lediglich für die stromaufwärtsgehenden, das andere für die abwärtsfahrenden Personen benutzt würde. Diese Geleise müßten durch zahlreiche Stationen unterbrochen und durch Treppen mit den höherliegenden Straßen und Brücken verbunden werden. Diejenigen Passagiere, welche die Flußdampfer benutzen wollten, würden auf dem äußeren Trottoir auf der Ufermauer ihren Ein- und Aussteigeplatz erhalten und nächst den beiden Landepunkten der Londonbrücke würden Endstationen dieser Uferbahnen angebracht werden, hauptsächlich für den Frachtverkehr. Durch die vorgeschlagenen Einrichtungen ließe sich alles Gedränge beim Personenverkehr vermeiden.

Da es die Niveauverhältnisse zwischen den dem Flusse zunächst gelegenen Straßen und dem Wasserspiegel gestatten, die Uferfahrstraße so hoch zu legen, daß darunter Waarenräume angebracht werden könnten, so würden die Waaren direct von der Bahn in diese Lager geschafft werden können und Letztere dieserhalb so gesucht sein, daß sich die Kosten der Anlage schon hieraus zum Theil decken würden.

Die beigegebenen Skizzen (Fig. 2, 3—4) versinnlichen die beschriebenen Anlagen des Näheren. Die breite geräumige Straße, welche an den engsten Stellen mit ihren Trottoirs 133 Fuß Breite erhalten kann, sich aber an einzelnen Stellen bis zu 300 und mehr Fuß Breite erweitern würde, böte einen höchst erwünschten Abfluß für die jetzt so sehr zusammengedrängte Bevölkerung. Statt der jetzigen engen Gäßchen würden nach und nach breite Straßen auf die Uferstraße ausmünden und das drückende Gedränge dort vermindern. Statt der jetzt hier befindlichen düstern Waarenhäuser und elenden Hütten würden schöne palastartige Häuser emporwachsen. Die neuen Kais würden an Sonn- und Festtagen der Zufluchtsort der Erholungsbedürftigen werden, welche jetzt gezwungen sind, die Eisenbahn oder die Dampfschiffe zu besteigen, um frische Luft zu schöpfen, während sie dann eine Promenade mitten in der Stadt erhalten würden.

Um starke Regenfluthen aufnehmen zu können, wurden, da das jetzige, die alten Schleusen durchkreuzende Schleusensystem hierzu nicht die erforderliche Weite besitzt, Ueberfälle angebracht, welche sich in die alten Schleusen und durch diese in die Themse ergießen. Solche Regengüsse kommen allerdings, den dieserhalb angestellten Beobachtungen zufolge, nur an 12 bis 16 Tagen des Jahres und zwar häufiger in trocknen, als in nassen Jahren, vor, wie denn überhaupt beobachtet worden sein soll, daß es in London weniger regne, als auf dem weniger bevölkerten Lande; allein zu solchen Zeiten wird dann wieder das alte Uebel herrschen. Um demselben vorzubeugen, würden in dem Uferbaue einige

Schleusen anzubringen sein, die mit den neuen Hauptschleusensträngen in Verbindung ständen und den Ueberfluß während solcher Regentage zu beherbergen und abzuführen im Stande wären. Dieselben müßten, da sie als Reservoir zu dienen haben, einen verhältnißmäßig großen Querschnitt erhalten und in großer Zahl angebracht werden, wenn den Pumpwerken, welche die Schleusenflüssigkeit, sowohl im nördlichen, wie im südlichen Stadttheile zu heben haben, nicht eine übermäßige Anstrengung zugemuthet werden soll.

Unter dem Haupttrottoir der Uferfahrstraße ließe sich ferner ein abgedeckter Canal anbringen, in welchem Wasser- und Gasröhren, Telegraphenleitungen u. s. w. unterzubringen wären, wodurch ebenfalls das Gedränge an den beiden Flußufern in der Stadt über und unter der Erde gemindert und der Verkehr gesichert und erleichtert werden würde.

Möglicherweise würde das vorgeschlagene System später noch weitere Anwendungen finden. Denn, da sich der gesammte Verkehr Londons immer mehr dem Strome zudrängt, wie man daraus entnehmen kann, daß man bei einer Fahrt nach Greenwich fast nur Werkstätten oder Lagerplätze und fast gar keine Wohnhäuser am Ufer sieht, so wird sich auch dort das Bedürfniß nach geregelten und, was die Hauptsache ist, nach weniger ungesunden Ufern immer dringender herausstellen. Weshalb sollte also nicht auch bei Woolwich, ungefähr an der Stelle, wo die North-Woolwich-Eisenbahn ausmündet, ein niedriges Wehr quer durch die Themse gebaut werden, welches mit Schleusen versehen wäre, um bei Fluthzeit die größten Seeschiffe aus- und einlaufen zu lassen, zur Ebbezeit aber geschlossen würde, um einen hohen Wasserstand zwischen Woolwich und der Londonbrücke zu erzielen. Solch' ein hoher Wasserstand, der nur um wenige Fuße schwanken würde, müßte unter den complicirten Verhältnissen der dortigen Uferbauten, Docks, Schiffwerften und Landungsplätze außerordentliche Verkehrserleichterungen gewähren. Der Verkehr des Flußgebietes mit dem Seegebiete würde durch Fortsetzung der Ufercorrectionen ungemein gewinnen und die Uferfahrstraßen und Eisenbahnen ließen sich in dem Maaße fortziehen, als es das Zeitbedürfniß erforderlich machte. Es ließe sich also für das Seegebiet Londons durch einen bei Woolwich in die Themse gebauten Damm ein ebenso gesunder Zustand, ein ebenso wohlthuendes Aussehen und dieselben günstigen Verhältnisse zur Errichtung von Wohngebäuden erzielen, als durch den London-Brückendamm für das Flußgebiet der Stadt erreicht werden würden.

Neben der des Weiteren dargelegten Möglichkeit, die Stadt London mit ziemlich hellem und reinem Flußwasser zu versehen, wäre nun noch die Aufmerksamkeit auf die Beseitigung der Ausdünstungen der Schleusen zu richten. Und auch dieser Uebelstand dürfte sehr wesentlich gehoben werden können, wenn man am Ende der Hauptschleusen und an passenden Zwischenstationen große Ventilatoren aufstellte, welche die Dünste der Flüssigkeiten in den nur halb gefüllten Schleusen ansaugten und von einer Station zur andern bis vor die Stadt hinaustrieben. Die über London ruhende Atmosphäre ist entschieden ungünstiger zusammengesetzt, als in dem weniger bewohnten freien Lande. Könnte man, und dies ist nicht undenkbar, eine künstliche Circulation in den stagnirenden Luftschichten über dieser Riesenstadt hervorbringen, so würde dadurch das Leben in London nicht nur sehr an Annehmlichkeit gewinnen, sondern es würde dadurch eine wesentliche Bedingung für das weitere Gedeihen dieser Stadt befriedigt werden.

Waage zum Abwiegen der Belastungen der Locomotivenräder.

(Hierzu Doppeltafel 19—20.)

Zu den wichtigsten Mitteln, den Betrieb mit gut construirten Locomotiven auf Eisenbahnen zu einem möglichst sicheren zu machen, d. h. die Ursachen, welche das Ausgleisen der Locomotiven und die damit verbundenen Störungen herbeiführen, zu vermeiden, gehört unstreitig die sorgfältige Vertheilung der Belastung auf die einzelnen Axen und Räder dergestalt, wie es die sichere Bewegung der Locomotive erfordert, und es ist deshalb eine Vorrichtung von Wichtigkeit, welche uns in den Stand setzt, die Vertheilung der Belastung, sowie deren starke Veränderungen leicht kennen zu lernen und zu reguliren.

Wenn man bedenkt, daß die fortwährenden wechselseitigen Be- und Entlastungen der beiden Vorderräder noch mit den Wirkungen unvermeidlicher fehlerhafter Gleisstellen zusammentreffen, so wird dadurch die Sicherheit immerhin dem normalen Stande wesentlich entrückt. Wenn man nun aber keine Mittel an der Hand hat, die fortwährend sich ändernde Tragfähigkeit der Federn zu controliren und zu

reguliren, in Folge dessen bedeutende Entlastungen der einen Seite der Vorderaxe gegen die andere Seite stattfinden, und es treten Entgleisungen ein, deren Ursachen nicht zu ermitteln sind, so ist wohl mit Grund anzunehmen, daß, wenn die Belastungen durch die einzelnen Räder richtig regulirt gewesen wären, diese Entgleisungen nicht vorgekommen sein würden. Denn trifft die durch die mechanische Bewegung der Locomotive hervorgebrachte Entlastung der häufig ohnehin nicht sehr belasteten Vorderaxe, welche einseitig nach Umständen, in Folge des nicht immer leicht erkennbaren Setzens der Feder bis zur vollständigen Entlastung, sich steigern kann, mit einer schlechten Gleisstelle zusammen, so liegt es sehr nahe, daß in diesem Falle eine Entgleisung stattfinden kann.

Vielfache Untersuchungen der Locomotiven haben ergeben, daß die Entlastungen einzelner Räder, und namentlich Vorderräder, schon nach dreitägiger Dienstzeit sich mehrfach bis über 10 Ctr. pro Rad und zwar namentlich in den Wintermonaten belaufen haben, aus welchem Grunde es nicht nur sehr wünschenswerth, sondern der Sicherheit wegen nothwendig erscheint, die Belastungen auf die Locomotivräder öfters, oder doch wenigstens allwöchentlich zu prüfen.

Bei Gelegenheit des Besuches der Londoner Industrieausstellung von 1862 hat der Verfasser eine zu Erreichung genannten Zweckes vollkommen entsprechende Vorrichtung in einer Waage gefunden, durch welche die Belastungen aller sechs Räder einer Locomotive von 9 bis 20 Fuß Radstand gleichzeitig ermittelt, und mit deren Hilfe es möglich wird, die Federbelastungen in äußerst kurzer Zeit so zu reguliren, daß die Belastungen jeder Axe auf beiden Seiten gleich stark werden.

Die Waage nach Hind's Patent ist ausgeführt von Richard Kitchin, Scotland Bank Iron Works in Warrington, und ist auf Blatt 19—20 dargestellt.

Fig. 1, eine Ansicht mit theilweisen Durchschnitten.

Fig. 2, Grundriß.

Fig. 3, Querschnitte.

Die Waage besteht in der Hauptsache aus sechs einzelnen von einander vollständig unabhängigen Waagen, die so geordnet sind, daß man mit je zwei gegenüberliegenden Waagen (den Rädern einer Axe entsprechend) die Belastungen, mit welchen die Räder auf die Schiene drücken, an zwei einander entgegenstehenden Hebeln mit verschiebbaren Gewichten abmessen kann.

Das Abwiegen selbst erfolgt mit constanten Gewichten, und ist deshalb das Hebelverhältniß den Lasten entsprechend.

Jede der sechs Waagen besteht aus der Brücke a, Fig. 1, 2 und 3, auf der die Fahrschiene mit Bolzen und Keilen befestigt ist. Die Stangen c c, Fig. 1 und 3, durch welche je zwei und zwei der Brücken mit dem feststehenden Arm d, Fig. 3 und 4, in Verbindung stehen, dienen als Gegenlenker, so daß sich jede Brücke nur vertical bewegen kann.

Jede der sechs Brücken läuft zu beiden Enden in zwei Lager aus, mit denen sie auf den Stahlprismen e e, Fig. 2 und 3 der gabelförmigen Hebel ruhen.

Während nun letztere, die Prismen nämlich, unmittelbar die Brücke und die darauf ruhende Last aufnehmen, liegen die Stütz- oder Drehpunkte der gabelförmigen Hebel in g g, Fig. 3, welche wiederum durch Stahlprismen, die in entsprechenden Pfannen sich bewegen, gebildet sind. Die letzteren liegen aber nicht, wie dies bei den meisten sonst üblichen Brückenwaagenconstructionen der Fall ist, fest im Lager, sondern finden ihren Platz in einem Bügel h, Fig. 3, welcher letztere pendelförmig schwingend oberhalb in einem festen, mit der Grundplatte aus einem Stück gebildeten, entsprechend geformten Lager i, Fig. 2 u. 4, aufgehangen ist. Gerade hierin liegt der Grund der außerordentlichen Empfindlichkeit dieser Waage, die einen starken Ausschlag bei einem Pfund Belastung giebt.

Das andere Ende des gabelförmigen Hebels steht mit dem kürzeren Ende der ungleicharmigen Hebel mittelst lothrechter Zugstangen, die an ihren Enden Gegengewichte zum Ausbalanciren der Waage tragen, in Verbindung. Alle Drehpunkte sind durch Stahlprismen hergestellt, die sich sämmtlich in Stahlpfannen bewegen. Auf den Rücken eines jeden der sechs ungleicharmigen Hebel k k, Fig. 1, bewegt sich ein verschiebbares, 70 Pfund Zollgewicht schweres Laufgewicht.

Wenn nun alle sechs Waagen ohne eine abzuwiegende Last im Gleichgewichte sind, oder — wie man sich auszudrücken pflegt — einspielen, befinden sich sämmtliche Laufgewichte auf dem Nullpunkte, oder sie sind am weitesten nach den prismatisch geformten Drehpunkten l, Fig. 1, geschoben, die alsdann noch $5^7/_{16}''$ engl. von dem Laufgewichte abstehen. In diesem Fall ist das Hebelverhältniß jeder der sechs Waagen $^1/_{52}$, dagegen $^1/_{280,25}$, wenn die Laufgewichte an den äußersten Punkten der Hebel sich befinden.

Nur das Hebelverhältniß der beiden in der Mitte gelegenen Waagen wächst in diesem Falle bis $^1/_{337,38}$, um auch die etwa sehr schwer belasteten Triebräder von Schnellzugslocomotiven ermitteln und reguliren zu können.

Die Länge, um welche die Laufgewichte auf den Hebeln verschoben werden können, beträgt an den vier Endwaagen 24 Zoll engl., während sie an den beiden mittleren 30 Zoll engl. beträgt.

Die Hebelverhältnisse sind nun so berechnet, daß eine Gewichtsverschiebung von $1^1/_2''$ engl. einer Lastveränderung von 10 Ctrn. entspricht, und kann man daher auf jeder der

beiden mittleren Waagen eine Last von $\frac{30}{1,5} . 10 = 200$ Ctr. und auf jeder der vier äußeren Waagen eine Last von $\frac{24}{1,5} . 10 = 160$ Ctr. abwiegen.

Die prismatischen Hebel, auf deren Rücken sich die Laufgewichte bewegen, sind mit einer eingesetzten schmiedeeisernen Zahnstange versehen, jedes der Laufgewichte aber mit einem Getriebe, welches eine fortschreitende Bewegung annehmen muß, sobald letzteres eine drehende Bewegung erhält. In Fig. 5 ist ein solches Laufgewicht im Durchschnitt und in Fig. 6 in der Ansicht dargestellt. Die Kugel m, Fig. 6, ist mit 2 Gehängen in Verbindung gebracht, letztere wieder mit dem hohlen gußeisernen Gehäuse n, Fig. 5. Im Mittel desselben befindet sich eine kleine, mit einem Getriebe versehene Welle, auf deren beiden Enden metallene Scheiben aufgesteckt sind. Das Getriebe enthält 16 Zähne und ist so groß, daß es sich bei einer Umdrehung auf dem gezahnten Hebel genau um $1\frac{1}{2}$ Zoll engl. fortbewegt, eine Länge, welche, wie bereits erwähnt, einer Belastung von 10 Ctrn. entspricht. Mit dem Getriebe müssen sich daher die erwähnten metallenen Scheiben, welche am Umfange in 200 gleiche Theile getheilt sind, deren je 10 einem Centner, daher die einzelnen Theilstriche 10 Pfunden entsprechen, drehen.

Die Verstellung oder Verschiebung der Laufgewichte geschieht nur durch Drehung der metallenen Scheiben mit der Hand. Während also die gezahnten Hebel von 10 zu 10 Ctr. eingetheilt sind, kann man auf den sich drehenden Scheiben die zwischenliegenden Centner und $\frac{1}{10}$ Ctr. genau ablesen, ja die einzelnen Pfunde ziemlich genau tariren. Zum Zwecke der Ablesung von Centnern und Pfunden ist jede der beiden Scheiben in zwei Hälften und jede Hälfte in 10 gleiche Theile, und jeder solcher Theil abermals in 10 Theile getheilt. Um dem Laufgewichte eine sichere Führung zu geben, befinden sich noch zu beiden Seiten des Getriebes in dem Gehäuse 2 Paar Rollen o o, Fig. 5 und 6, welche, da sie auf dem gezahnten Hebel sich bewegen können, das verschiebbare Gewicht in jeder Lage im Gleichgewicht erhalten.

Um die Waage zu arretiren, dreht man die Kurbel p, Fig. 4, links herum, wodurch sich die Ketten von den Scheiben q, Fig. 1, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, abwickeln, und es senken sich dadurch die damit in Verbindung stehenden Lager der Hebel mit den beweglichen Laufgewichten, also das ganze Hebelsystem so tief, bis die Brücken a a auf der aus sechs Theilen zusammengesetzten Grundplatte aufsitzen.

Dadurch, daß die Brücken an ihren Sitzflächen abgeschrägt sind, haben die sämmtlichen Brücken, sobald sie eingelassen oder arretirt sind, einen soliden und unverrückbaren Stand.

Zur Frage der Dampfkesselexplosionen

von

R. R. v. Grimburg in Zürich.

Es sind bisher über die Ursachen der Dampfkesselexplosionen so viele, verschiedene und oft geradezu widersprechende Ansichten ausgesprochen worden, daß man aus diesem Umstande allein schon den Schluß ziehen muß, es habe diese wichtige und in jeder Beziehung anregende Frage noch durchaus keine befriedigende Lösung erfahren. Den besten Beleg hierzu liefert aber die Thatsache, daß trotz aller Theorien, Dampfkesselexplosionen nach wie vor stattfinden, so daß die ausübende Technik wenigstens aus jenen Bemühungen, diese Erscheinungen zu erklären und die Ursachen derselben zu entdecken, bisher wenig oder gar keinen Nutzen ziehen konnte. Wenn sich nun auch die Dampfmaschinenindustrie nach und nach an das Damoklesschwert ihrer Dampfkessel vollkommen gewöhnt hat und sich beiläufig so benimmt, wie ein Vulkanbewohner, der mit stets wiederkehrendem Vertrauen zu seinem heimtückischen Krater zurückkehrt, so scheint es doch nicht, als ob sie sich auf die Länge in diesen unbehaglichen Zustand fügen und sich mit dem zweifelhaften Schutze wohlgemeinter Vorsichtsmaßregeln begnügen wollte. — In der That wendet man in neuester Zeit, namentlich in England, den Kesselexplosionen in diesem Sinne eine gesteigerte Aufmerksamkeit zu; bisher haben aber die statistischen Aufzeichnungen und Detailerhebungen in Uebereinstimmung mit den früheren Erfahrungen nicht viel

mehr als die überraschende, aber wenig erfreuliche Thatsache zu constatiren vermocht, daß sich die Dampfkessel in den meisten Fällen im Augenblicke der Explosion, scheinbar wenigstens, in ganz normalem Zustande befinden. Dies hat zunächst zu der Ansicht verleitet, daß eine Dampfkesselexplosion eine gewissermaßen ganz natürliche Erscheinung sei, die sich durch eine leicht begreifliche und in Folge dessen auch leicht vermeidliche forcirte Dampfproduction erklären läßt. Es ist allerdings klar, daß jene enormen mechanischen Wirkungen, von denen die Kesselexplosionen in der Regel begleitet sind, nur die Folge einer plötzlichen und heftigen Dampfbildung sein können, und sie lassen sich auch, wenn man diese in einem einzelnen Falle als vorhergegangen voraussetzt, beinahe ziffermäßig verfolgen. Die bisherigen Vermuthungen über die Ursachen dieser plötzlichen Dampfbildung sind aber nicht bestätigt worden. Es handelt sich also bei einer Dampfkesselexplosion, so wie die Frage jetzt vorliegt, nicht um den mechanischen, sondern lediglich um den physikalischen Theil der Erscheinung. In dieser Beziehung muß man mit Recht auf solche Untersuchungen einen besonderen Werth legen, welche geeignet sind, den inneren Vorgang der Dampfbildung aufzuklären. Es wäre daher Angesichts der vielen täglich wiederkehrenden Experimente im Großen doch nicht zu verwundern, wenn die Dampfkesselexplosionsfrage in den beschränkten Räumen eines physikalischen Laboratoriums ihre Lösung gefunden haben sollte. — In der That hat M. L. Dufour, Prof. der Physik an der Akademie zu Lausanne, bei Gelegenheit wissenschaftlicher Untersuchungen über den Siedepunkt des Wassers Erscheinungen beobachtet, welche mit jenen, wie sie bei Kesselexplosionen vorkommen, in sehr nahem und auffallendem Zusammenhange stehen. Dufour, welcher sofort diesen Zusammenhang erkannt und in sehr richtiger und scharfsinniger Weise gedeutet hat, hat seine Untersuchungen über diesen Gegenstand zum großen Theile in einer Schrift: „Sur l'ébullition de l'eau et sur une cause probable d'explosion des chaudières à vapeur“ niedergelegt. Wir glauben das reiche Material, über welches die Explosionsfrage gebietet, nicht unnütz zu vermehren, wenn wir in Folgendem vorzugsweise aus jener Schrift dasjenige mittheilen, was sich hierauf bezieht, indem wir aus den angedeuteten Gründen auch auf den rein physikalischen Theil etwas ausführlicher eingehen. —

I.

Vorbemerkung. Die Temperatur des gesättigten Dampfes irgend einer Flüssigkeit hängt nur von der Spannung desselben ab. Ein ähnlicher Zusammenhang besteht zwischen dem Siedepunkte einer Flüssigkeit, d. h. der Temperatur, bei welcher die Dampfentwickelung in der ganzen Masse stattfindet, und dem äußeren Drucke. Man hat bisher nach dem Dalton'schen Gesetze angenommen, daß die Siedetemperatur nur von dem äußeren Drucke abhängig und gleich der diesem Drucke entsprechenden Dampftemperatur sei. Nach diesem Gesetze wäre also die Temperatur einer in einem Gefäße erwärmten Flüssigkeit gleich der Temperatur der aus der Flüssigkeit entstehenden Dämpfe, und das Sieden müßte sofort in dem Augenblicke eintreten, wo die Flüssigkeit die dem äußeren Drucke entsprechende Dampftemperatur besitzt. — Allein es ist schon seit Gay-Lussac bekannt, daß dieses Gesetz Ausnahmen erleidet, indem das Sieden von Wasser oder anderen Flüssigkeiten in Glasgefäßen auch bei einer höheren Temperatur eintreten kann, als jene, welche dem Dalton'schen Gesetze entspricht. Es findet also in einem solchen Falle ein Zurückbleiben des Siedens, gewissermaßen eine Ueberhitzung der Flüssigkeit statt. — Diese Erscheinung ist auch von Marcet, Donny, Magnus und in neuester Zeit von Grove beobachtet und untersucht worden. Der letztere hat namentlich darauf aufmerksam gemacht, daß es auf das Sieden des Wassers von besonderem Einflusse ist, ob dieses mehr oder weniger von Luft befreit sei, und er bemerkt gelegentlich, daß eigentlich noch Niemand vollkommen reines Wasser sieden gesehen hat. — Dufour hat schon früher durch Versuche nachgewiesen, daß ein beträchtliches Zurückbleiben des Siedens auch dann eintreten kann, wenn man Wasser oder eine andere Flüssigkeit in einem Mittel von gleicher Dichte, also ganz außer Berührung mit festen Gefäßwänden, erwärmt. So z. B. kann man auf diese Art unter dem gewöhnlichen Atmosphärendrucke Wasser bis auf 170°, Chloroform bis auf 100° erwärmen, ohne daß das Sieden eintritt. Aus diesen und ähnlichen Beobachtungen hat Dufour den Schluß gezogen, daß das Dalton'sche Gesetz in seiner gewöhnlichen Fassung unrichtig sei, und daß der Siedepunkt einer Flüssigkeit nicht nur von dem äußeren Drucke abhängig sein könne. Dufour hat daher zum Ersatze des Dalton'schen Gesetzes schon damals ein anderes vorgeschlagen. Nach diesem ist jene Temperatur, bei welcher die Spannung des Dampfes einer Flüssigkeit dem äußeren Drucke gleich wird, die Minimal-Siedetemperatur, wo also das Sieden, die Aggregats-Formveränderung beginnen kann. Von dieser Temperatur an ist das Sieden möglich, ob es aber wirklich eintritt, hängt von verschiedenen Umständen und namentlich von der Berührung der Flüssigkeit mit festen Körpern und Gasen ab. —

Die meisten Versuche, welche bisher angestellt worden sind, um das Ueberhitzen einer Flüssigkeit und speciell des Wassers zu beobachten, sind auf die Art vorgenommen worden, daß man das Wasser unter dem gewöhnlichen Atmosphärendrucke durch directes Erwärmen auf eine höhere als die normale Siedetemperatur zu bringen suchte. — Durch diesen Vorgang wird jedoch ein ganz specieller Siede-

zustand geschaffen, der allerdings mit jenem, in welchem das Sieden im gewöhnlichen Leben hervorgerufen wird, vollkommen übereinstimmt. — Durch das directe Erwärmen der Flüssigkeit werden nämlich Strömungen in der ganzen Masse derselben erzeugt und überdies alle die festen Körperchen, welche in jeder Flüssigkeit schwebend enthalten sind, in Bewegung gesetzt. Um sich von diesen mechanischen Wirkungen, welche offenbar auf das Sieden nicht ohne Einfluß sein können, zu befreien, hat Dufour den entgegengesetzten Weg eingeschlagen. Man kann nämlich das Sieden auch dadurch hervorbringen, daß man vorerst die Flüssigkeit unter einem bestimmten Drucke auf eine Temperatur erwärmt, welche niedriger ist, als die diesem Drucke entsprechende Minimal-Siedetemperatur, und dann den Druck entsprechend vermindert. Dadurch ist man aber sofort im Stande, das Wasser in dem Zustande vollkommener Unbeweglichkeit zu erhalten. — Die Art, das Sieden durch Entlasten der Flüssigkeit zu erzeugen, ist übrigens nicht neu, und es beruhen die Dufour'schen Versuche im Wesentlichen auf dem bekannten physikalischen Experimente, wo das Wasser unter dem Recipienten der Luftpumpe bei einer Temperatur unter 100° zum Sieden gebracht wird. —

Versuchsapparat. Dieser bestand aus einer gewöhnlichen Retorte mit Tubulus von ungefähr 120 Cubikcentimeter Inhalt. Durch den Tubulus wurde ein Thermometer mit sehr kleiner Birne in die Flüssigkeit eingeführt. Der Hals der Retorte war mit einer Vorlage aus Blech von ungefähr 1½ Liter Inhalt in Verbindung, und diese communicirte mit einer Luftpumpe und mit einem Quecksilber-Gefäßmanometer. Jeder Theil des Apparates konnte durch Hähne abgesondert oder eingeschaltet werden. Die Vorlage war gewöhnlich behufs Condensation der Dämpfe mit kaltem Wasser umgeben. —

Der Gang der Versuche war folgender. Vorerst wurde das Wasser in offener Verbindung mit der äußeren Atmosphäre mit Hilfe eines Oel-Marienbades bis auf ungefähr 100° erwärmt. Hierauf wurde das Marienbad entfernt, sodaß das Wasser in einen Zustand ruhiger Abkühlung trat. Dann wurde die Verbindung mit der Atmosphäre aufgehoben und die Luftpumpe vorsichtig in Thätigkeit gesetzt. In Folge dessen sank der Druck über dem Wasser und man konnte durch gleichzeitige Beobachtung des Thermometer- und Manometerstandes im Augenblicke des Siedens das Dalton'sche Gesetz für sehr verschiedene Temperaturen verificiren. —

Versuche mit destillirtem Wasser. Man erhitzt dieses zuerst unter dem äußeren Atmosphärendrucke bis zum Sieden, unterhält dieses einige Zeit, läßt hierauf das Wasser abkühlen, und vermindert von einem gegebenen Augenblicke an den Druck so lange, bis ein nochmaliges Sieden eintritt. Hierauf stellt man wieder den äußeren Atmosphärendruck her, erhitzt wieder bis zum Sieden, kühlt wieder ab u. s. w. Dieses Verfahren wird mit ein und demselben Wasser mehrmals wiederholt. — Das wichtigste Ergebniß ist folgendes.

Wenn das Wasser nach einer nicht bis zum Sieden getriebenen Erwärmung sich bis auf eine gewisse Temperatur t abgekühlt hat, so tritt, wenn man den Druck so lange vermindert, bis er der Spannung des Dampfes bei der entsprechenden Temperatur t gleich wird, sofort das Sieden ein, also ganz in Uebereinstimmung mit dem Dalton'schen Gesetze, und es zeigt sich höchstens ein Zurückbleiben von einigen Zehntelgraden. —

Wenn aber das Wasser vor dem Versuche bereits einige Minuten gekocht hat, so tritt das Sieden bald in dem Augenblicke ein, wo die Dampfspannung dem äußeren Drucke gleich wird, bald findet jedoch ein Zurückbleiben des Siedens statt und das Wasser erhält sich über diesen Punkt hinaus in flüssigem Zustande. —

Wenn endlich das Wasser vor dem Versuche mehrmals gekocht hatte, so tritt die Ueberhitzung desselben oder das Zurückbleiben des Siedens nicht mehr blos ausnahmsweise ein, sondern es wird Regel. Nach einem dreimaligen Sieden z. B. ist es selten, daß das Sieden bei der normalen Temperatur des Dalton'schen Gesetzes eintritt, und wenn man den Versuch mit demselben Wasser oft genug wiederholt, so kann man es in einzelnen Fällen um 20 bis 30° überhitzen. —

Diese Verhältnisse lassen sich am besten aus den Beobachtungsdaten herauslesen, aus denen wir beispielsweise einige folgen lassen. Die 1. Columne enthält die Spannungen, die 2. die Temperaturen im Augenblicke des Siedens, die 3. die Minimal-Siedetemperaturen nach dem Dalton'schen Gesetze, wo also die Dampfspannung gleich dem äußeren Drucke wird, und endlich die 4. die Ueberhitzungen in Graden. —

Ergebnisse, nachdem das Wasser blos einmal gekocht hatte.

Millim.	Grad.	Grad.	Grad.
525	91,7	90,0	1,7
315	86,0	77,0	8,8
286	76,5	74,9	1,6
166	70,6	62,5	8,1
36	46,8	32,5	14,3

Nachdem das Wasser zweimal gekocht hatte.

Millim.	Grad.	Grad.	Grad.
524	94,7	90,0	4,7
239	83,5	70,7	12,8
180	72,0	64,3	7,7
66	56,5	43,5	13,0
41	48,3	34,3	14,0

Nachdem das Wasser dreimal gekocht hatte.

Millim.	Grad.	Grad.	Grad.
505	92,2	89,0	3,2
108	71,6	53,5	18,1
99	65,5	51,7	13,8
79	70,1	46,9	23,2
33	52,7	30,8	21,9

Schon Gay-Lussac hatte beobachtet, daß das Sieden stets bei der als normal angesehenen Temperatur eintritt, wenn man in die Flüssigkeit einige Metallstückchen einbringt, und seit Langem wendet man in den chemischen Laboratorien Platinschnitzel an, um das Ueberschäumen von Flüssigkeiten, das nichts Anderes als die Folge einer stattgehabten Ueberhitzung ist, zu vermeiden. Eine Wiederholung dieser Versuche hat ergeben, daß Platinstückchen in der That die Eigenschaft besitzen, das Sieden zu begünstigen, und zwar tritt bis zum dreimaligen Kochen selten ein Zurückbleiben des Siedens ein. Setzt man jedoch den Versuch in der oben angedeuteten Weise fort, so wird das Platin nach wiederholtem und anhaltendem Sieden unwirksam und es zeigen sich ganz ähnliche Ueberhitzungen, wie bei den beschriebenen Versuchen. Dies stimmt übrigens ganz mit der täglichen Erfahrung der Chemiker überein, welche die Platinstückchen, die gegen das Ueberschäumen von Flüssigkeiten verwendet werden, nachdem sie durch längeren Gebrauch unwirksam geworden sind, durch neue ersetzen müssen. —

Es folgen beispielsweise einige Beobachtungen, welche sich auf den Fall beziehen, wo die Retorte drei Platinstückchen enthielt, und wo das Wasser mindestens je zweimal bis zum Sieden erhitzt worden war. —

Millim.	Grad.	Grad.	Grad.
299	81,0	76,0	5,0
201	74,0	66,5	7,5
122	73,0	55,8	17,2
115	60,5	54,8	5,7
75	59,5	46,0	13,5

Ein ganz ähnliches Verhalten haben auch andere fremde Körper gezeigt, welche mit den Platinstückchen in die Retorte gebracht worden waren, so z. B. Holzspäne, Baumwollfäden 2c. Wie das Platin verhindern oder erschweren diese Körper im Anfange das Zurückbleiben des Siedens, und es gelingt in der Regel nur nach mehrmaligem und anhaltendem Kochen der Flüssigkeit, diese Erscheinung in beträchtlichem Grade hervorzubringen. Sind sie jedoch längere Zeit in der Retorte verblieben, ohne neuerdings mit der Luft in Berührung gekommen zu sein, so werden sie endlich auch unwirksam. Sie verbleiben dann unwirksam, selbst wenn das Wasser mehrmals erneuert wird.

Hierauf beziehen sich folgende Beobachtungen, bei welchen das Wasser vorher einmal bis zum Sieden erwärmt worden war. —

Millim.	Grad.	Grad.	Grad.
379	82,0	81,7	0,3
245	72,1	71,3	0,8
185	65,5	64,9	0,6
140	58,7	58,7	0,0

Hingegen nach sehr oft wiederholtem Sieden und mehrmals erneuertem Wasser:

Millim.	Grad.	Grad.	Grad.
344	89,0	79,3	9,7
215	79,0	68,2	10,8
76	73,5	46,2	17,3
43	68,0	35,7	32,3

Es muß jedoch bemerkt werden, daß nach jedesmaligem Erneuern der Flüssigkeit bei dem darauf folgenden Sieden ein Zurückbleiben desselben wieder schwieriger zu erzielen ist, obwohl die fremden Körper selbst unwirksam bleiben. Es zeigt dann die Flüssigkeit überhaupt dasselbe Verhalten, ob dieselben darin enthalten sind oder nicht. —

Versuche mit gewöhnlichem Quellwasser. Dieses unterscheidet sich von dem destillirten Wasser nur dadurch, daß das Zurückbleiben des Siedens anfangs viel seltener eintritt, und daß man es einem viel öfteren und anhaltenderen Sieden unterwerfen muß, um ähnliche Resultate zu erreichen. Uebrigens wurden auch hier, um das Verhalten in dem ganz allgemeinen Falle zu beobachten, daß man es mit Wasser zu thun hat, welches irgend welche fremde Körper enthält, nacheinander kleine Stückchen Kreide, Platin, Eisen, Kupfer, Blei, Holz u. s. w. in die Retorte gebracht. Alle diese Körper haben zwar im Anfange das Sieden bei der normalen Minimal-Verdampfungstemperatur hervorgebracht; allein mit der Zeit sind sie alle in dieser Beziehung unwirksam geworden und haben Ueberhitzungen bis zu dem Betrage von 25° nicht verhindern können. —

Es hat sich überhaupt bei allen Untersuchungen zur Evidenz herausgestellt, daß das Wasser unter übrigens gleichen Umständen viel leichter und öfter über die Minimal-Siedetemperatur hinaus in dem flüssigen Zustande verbleibt, wenn die Temperatur das constante und der Druck das variable Element ist, als in dem umgekehrten Falle. —

In diesem abnormen, überhitzten Zustande hat übrigens das Wasser durchaus kein außergewöhnliches Ansehen; es ist vollkommen unbeweglich und durchsichtig, und man sieht keine einzige Gas- oder Dampf-Blase sich aus dem Innern der Masse entwickeln oder von den Gefäßwänden sich ablösen. Dieser flüssige Zustand ist ganz einem unsicheren Gleichgewichte zu vergleichen, und das Sieden kann dann im Augenblicke entstehen. Die plötzliche Verdampfung eines

Theiles der Flüssigkeit tritt meist ohne wahrnehmbare äußere Ursache ein; allein man kann sie ohne Ausnahme hervorrufen, wenn man dem Gefäß eine kleine Erschütterung ertheilt, oder wenn man etwas Luft eintreten läßt. Man sieht nicht selten die Dampfentwickelung plötzlich erfolgen, nach einem etwas starken Laute, einem Stoße im Nebengemache, oder einem Tritte auf dem Fußboden. —

Diese Wirkung einer äußeren mechanischen Erregung ist gewiß sehr merkwürdig; sie ist jedoch ganz derjenigen analog, welche bei der plötzlichen Krystallisation des Wassers, Schwefels, Phosphors und mancher übersättigter Lösungen von gewissen Salzen beobachtet wird. —

Sobald die Ueberhitzung des Wassers etwas beträchtlich war, z. B. 10°, so ist die Dampfbildung im Momente des Siedens stets sehr heftig und außerordentlich ungestüm. Es entwickelt sich im Augenblicke eine bedeutende Dampfmenge, diese scheint sich mit Gewalt von der Flüssigkeit loszulösen, verursacht eine heftige Erschütterung und manchmal ein Ueberschäumen von außerordentlicher Stärke. War die Ueberhitzung noch beträchtlicher, so steigern sich alle diese Wirkungen und die Erscheinung nimmt ganz den Charakter einer Explosion an. —

Hat man auf die gewöhnliche Weise einen überhitzten Zustand des Wassers hervorgebracht, so kann man dieses, indem man die Verbindung mit der Vorlage unterbricht, noch mehr isoliren und gewissermaßen immobilisiren. Wenn man dann in der Vorlage einen Druck erzeugt, welcher nur um etwas geringer ist, als der Druck in der Retorte, und hierauf die Verbindung wieder herstellt, so erfolgt das Sieden meist im Augenblicke selbst. In diesem Falle, welcher, wie sich später zeigen wird, in Beziehung auf die Dampfkesselexplosionen ein besonderes Interesse gewährt, wird die Dampfentwickelung namentlich dadurch hervorgerufen, daß der Druck zwar nur um etwas, aber plötzlich abnimmt, so daß die Luft über der Flüssigkeit in Folge der Expansion plötzlich in Bewegung geräth. —

In dem Augenblicke, wo ein zurückgebliebenes Sieden eintritt, fällt das Thermometer sehr rasch, und die Temperatur der Flüssigkeit ist in wenigen Momenten auf jene des Dampfes gesunken, welche dem eben herrschenden Drucke entspricht. In dem Augenblicke der Dampfentwickelung selbst steigt natürlich die Spannung. — Man kann sogar, wenn man während der Erscheinung das Verhalten der Flüssigkeit beobachtet, aus dem Gange des Thermometers den Betrag der Ueberhitzung unmittelbar erkennen, ohne die Tabellenwerthe der Dampftemperaturen einzusehen. —

Die Siedetemperatur hängt ohne allen Zweifel von dem äußeren Drucke ab. Wenn man jedoch diese Abhängigkeit nach dem Dalton'schen Gesetze gelten lassen will, so begegnet man so vielen und wichtigen Ausnahmen, daß dieses Gesetz offenbar allen Werth verliert. Allein alle diese Ausnahmen lassen keinen wahrnehmbaren Zusammenhang erkennen, welcher auf das wahre Gesetz schließen ließe. — So viel steht fest, daß die dem äußeren Drucke entsprechende Dampftemperatur als die Minimaltemperatur angesehen werden kann, von wo an das Sieden möglich ist; ob es jedoch wirklich an diesem Punkte eintritt, hängt von äußeren Ursachen ab. Unter diesen Ursachen spielt offenbar, von den mechanischen Erregungen abgesehen, die Berührung der Flüssigkeit mit Gasen eine große Rolle. Dagegen scheint die Berührung mit festen Körpern als solchen von keinem so großen Einflusse zu sein, als man bisher anzunehmen geneigt war, eine Ansicht, welche übrigens schon von De Luc, Donny und Grove ausgesprochen worden ist. Das Wasser enthält immer eine gewisse Menge Luft in Lösung und ebenso haftet stets an der Oberfläche der festen Körper eine mehr oder weniger verdichtete Gasschichte, welche die Gefäßwände und die in der Flüssigkeit befindlichen fremden Körper einhüllt. — Diese Gasschichte, welche wie bei Platin und Kohle mitunter sehr verdichtet ist und sehr fest haftet, löst sich aber in Folge der Erwärmung oder Druckverminderung von den Oberflächen ab, oder wird aus dem Innern der Flüssigkeit ausgeschieden, und diese Erregung scheint den Anstoß zur Dampfentwickelung zu geben. Daß wirklich die Gase und nicht die festen Körper selbst die unmittelbare Ursache des Siedens sind, geht zunächst daraus hervor, daß die festen Körper die Eigenschaft, das Sieden hervorzurufen, verlieren, sobald sie durch längeren Gebrauch zu diesem Zwecke alles anhaftende Gas abgegeben haben. Diese erregende Wirkung der Gase läßt sich übrigens an unzähligen Detailerscheinungen unmittelbar beobachten. So z. B. geht nach ein- oder mehrmaligem Erwärmen bis zum Sieden die Dampfentwickelung stets nur von bestimmten Punkten der eingetauchten Körperchen aus; man sieht die Dampfbläschen sich immerfort von denselben Stellen ablösen, und es ist nicht möglich, ein Zurückbleiben des Siedens hervorzubringen, so lange diese Erscheinung dauert. Wiederholt man aber das Aufkochen oft und lange genug, so hört endlich die Entwickelung von Dampfbläschen auch an jenen Stellen auf; sie werden dann ganz unwirksam, und von diesem Augenblicke an befolgt die Dampfentwickelung nicht mehr das Dalton'sche Gesetz. In einem solchen Falle war es vielleicht eine einzige, besonders innig anhaftende Gasblase, welche so lange das Sieden hervorgerufen hat, bis sie endlich vollständig ausgetrieben worden war. — Es erscheint nach diesen Bemerkungen allein schon höchst wahrscheinlich, daß wirklich die Gase auf der Oberfläche der festen Körper es sind, welche das Sieden hervorbringen; wenn auch die bloße Analyse der angeführten Beobachtungen auf diese Hypothese führen muß, so läßt sich doch dieselbe noch überdies gewissermaßen auf synthetischem Wege durch einen Versuch erhärten, welcher voll-

kommen überzeugend ist. Nach jener Hypothese müßten nämlich feste Körper sofort die Eigenschaft annehmen, das Sieden einer Flüssigkeit zu der normalen Temperatur hervorzurufen, sobald man dafür sorgt, daß fortwährend auf ihrer Oberfläche Gase vorhanden sind, oder sich dort bilden. Dazu bietet aber die Elektrolyse ein sehr einfaches Mittel dar. — Zu diesem Zwecke führt man in die Retorte zwei Platindrähte ein und läßt vorerst das Wasser so oft und so lange sieden, bis diese ganz unwirksam geworden sind, so daß man z. B. ein Zurückbleiben des Siedens von 15 bis 20° erreichen kann. Läßt man nun einen galvanischen Strom durch die Drähte gehen, welcher auf der Oberfläche derselben eine permanente Gasentwickelung hervorbringt, so tritt sofort das Sieden bei der normalen Minimaltemperatur ein, und es ist nicht mehr möglich, das mindeste Zurückbleiben zu erzwingen. — Hat aber bereits vorher ein solches stattgefunden, so daß sich die Flüssigkeit im überhitzten Zustande befindet, so tritt das Sieden in dem Augenblicke ein, in welchem man die Kette schließt. War die Ueberhitzung bedeutend und betrug sie gar 15—20°, so ruft die erste aufsteigende Gasblase eine Dampfentwickelung in der ganzen Masse hervor, und das Einschalten des elektrischen Stromes verursacht eine Erscheinung, als ob man damit Pulver entzündet hätte. — Dieser Versuch gelingt noch sicherer, wenn das Wasser durch etwas Schwefelsäure angesäuert worden war. —

Man könnte nun glauben, daß in diesem Falle nicht so sehr die Gasbildung die erregende Ursache der Dampfbildung sei, sondern etwa die Molecularbewegung, welche der durchgehende elektrische Strom in der Flüssigkeit erzeugt. Dieses Bedenken läßt sich jedoch durch einen anderen Versuch beseitigen. Erwärmt man nämlich in einem Porzellangefäße, das während einiger Zeit Schwefelsäure enthalten hat, eine gewisse Menge Wasser, welches durch eine Oelschicht von der Luft getrennt ist, so kann man dieses leicht unter dem gewöhnlichen Atmosphärendrucke um 6—7° überhitzen. Führt man hierauf durch die Oelschicht zwei Platindrähte in das Wasser ein, so kann man, nachdem diese unwirksam geworden sind, alle beschriebenen Erscheinungen hervorbringen: normales Sieden mit Strom, verzögertes Sieden ohne Strom. Man beobachtet aber hierbei, daß in dem Augenblicke der Stromeinschaltung die ungestüme Dampfbildung nur an den Polen stattfindet, wo die Gasentwickelung vor sich geht, nicht aber in der Flüssigkeit dazwischen, welche doch auch an dem Strome theilnimmt. — Auch bleiben die Platindrähte selbst nach der Unterbrechung des Stromes noch eine Zeit lang wirksam, und zwar desto länger, je länger derselbe gedauert hatte; unzweifelhaft eine Nachwirkung der Gase, welche an den Drähten haften geblieben waren. Ueberdies zeigt sich stets der negative Pol wirksamer als der positive, was sich durch die größere Adhäsion des Wasserstoffes zu dem Platin erklären läßt. Diese Erscheinung wird aber noch viel auffallender, wenn man die Platindrähte durch unwirksam gewordene Kupferdrähte ersetzt. In diesem Falle beginnt nämlich die Dampfbildung stets nur an dem negativen Pol, wo sich der Wasserstoff entwickelt, und nie an dem positiven Pol, welcher den Sauerstoff durch Oxydation bindet, man mag den Strom umkehren so oft man will. —

Das Vermögen gewisser fester Körper, das Sieden anzuregen, ist namentlich bei porösen Körpern und solchen, welche die Eigenschaft, Gase an ihren Oberflächen zu verdichten, in hohem Maße besitzen, ausgesprochen, und es hat darin seinen Grund, warum die Chemiker sich mit Vorliebe der Kohle und des Platins bedienen, um das Ueberschäumen gewisser Flüssigkeiten zu verhindern. —

Bei dem Sieden einer Flüssigkeit sind offenbar zwei Momente zu unterscheiden: die Dampfentwickelung in der ganzen Masse, welche nur dann möglich ist, wenn die Spannung des Dampfes dem äußeren Drucke gleich geworden, und die eigentliche Molecularerscheinung, der Uebergang von dem flüssigen in den gasförmigen Zustand. In Folge der ersten Bedingung hängt der Siedepunkt von dem äußeren Drucke ab, in Folge der zweiten jedoch von den Ursachen, welche eben das Gleichgewicht der Molecularkräfte zerstören und die entsprechende Molecularbewegung hervorbringen können. Zu diesen Ursachen gehören ohne Zweifel die Kräfte, welche bei der Berührung einer Flüssigkeit mit Gasen thätig sind. Aus diesem Grunde treten jene häufigen Unregelmäßigkeiten auf, welche im ersten Augenblicke überraschen, wenn man die Erscheinung des Siedens blos von dem äußeren Drucke abhängig machen will. Denn diese Unregelmäßigkeiten werden in der That zur Regel, wenn man das Sieden unter anderen Umständen bewirkt, als die sind, unter welchen wir es im gewöhnlichen Leben zu beobachten gewohnt sind. Wären unsere Untersuchungen der Flüssigkeiten nicht an Bedingungen geknüpft, von denen man sich nur schwer befreien kann, so würden wir gewiß über ihre physikalischen Eigenschaften ganz andere Ansichten haben, und man hätte vielleicht gar nie daran gedacht, zu behaupten, daß die Siedetemperatur vom Drucke allein abhängig sei. —

II.

Die älteren Theorien der Dampfkesselexplosionen gründen sich auf eine plötzliche Verdampfung des Wassers in Berührung mit trocken gelegten, glühenden Kesselwänden, oder auf die Zersetzung des Wassers und Entzündung des gebildeten Knallgases, oder auf die Erzeugung brennbarer Gase durch Zersetzung der in dem Wasser enthaltenen organischen Substanzen, oder auf zufällige Zerstörung der Festigkeit der Kesselwände 2c. 2c.

Der Gedanke, die Kesselexplosionen einer plötzlichen Dampfentwickelung als Folge einer zufällig eingetretenen Ueberhitzung des Wassers zuzuschreiben, ist zuerst von Donny und später von Mangin, gestützt auf die Dufour'schen Versuche, ausgesprochen worden. —

Daß die Ueberhitzung des Wassers und das verzögerte Sieden bei den Dampfkesselexplosionen eine gewisse Rolle spielen dürften, geht aus dem Umstande hervor, daß die meisten derselben stattfinden, wenn der Kessel in Ruhe ist oder kurze Zeit nachher. Es sind wenig Fälle bekannt, wo Explosionen während des Ganges der Maschinen stattgefunden haben, und sie sind überhaupt viel häufiger bei fixen als bei den mobilen Kesseln der Locomotiven und Dampfschiffe. Die Ruhe begünstigt im Allgemeinen das Verharren des Wassers im flüssigen Zustande, und das Zusammentreffen dieser Umstände ertheilt der Hypothese von Donny und Mangin eine unwiderlegliche Berechtigung. —

Allein es ist noch ein anderer Umstand, welcher bei Kesselexplosionen sehr häufig beobachtet worden ist, und welcher namentlich den bisherigen Theorien stets eine große Verlegenheit bereitet hat; daß nämlich in den meisten Fällen vor der Explosion der Kesseldruck gefallen und kleiner war, als bei dem gewöhnlichen Gang der Maschine. So haben viele Explosionen stattgefunden, nachdem das Feuer gelöscht und der Kessel außer Dienst gesetzt worden war, ja sogar nachdem sich derselbe während der Nacht oder während der Mittagszeit abgekühlt hatte. Die Thatsache, daß viele Explosionen nach einer notorischen Druckabnahme im Kessel und Abkühlung desselben erfolgt sind, ist schon oft mit gerechtem Erstaunen bei der Beschreibung jener furchtbaren Unfälle angeführt worden, welche auf den ersten Blick gerade unter den entgegengesetzten Verhältnissen stattfinden sollten. —

Gerade in dieser Beziehung lassen aber die angeführten Versuche eine unverkennbare Analogie erkennen. Wenn nämlich die Feuerung eingestellt und die Dampfabnahme abgesperrt wird, so tritt der Kessel in einen Zustand ruhiger und langsamer Abkühlung. Es liegt aber in der Natur der ganzen Anlage eines Kessels, daß sich der mehr exponirte Dampfraum schneller abkühlt, als der Wasserraum, welcher über der Feuerung sich befindet. Es trägt überdies auch noch die große specifische Wärme des Wassers dazu bei, die Abkühlung desselben zu verzögern. In dem Verhältnisse, als der Dampf sich abkühlt und condensirt, sinkt auch der Druck im Kesselraume, und das verhältnißmäßig warme Wasser sollte sofort unter diesem verminderten Drucke sieden. Allein gerade in diesem Falle kann ein Zurückbleiben des Siedens und eine Ueberhitzung des Wassers eintreten, da es sich herausgestellt hat, wie sehr das Wasser disponirt ist, in dem flüssigen Zustande zu verharren, wenn das Sieden durch Druckabnahme erfolgen soll. — Diese Erscheinung wird ohne Zweifel in einem Kessel sehr selten eintreten, allein sie ist gleichwohl möglich und wahrscheinlich, und wenn die Ueberhitzung beträchtlich war, so müssen im Großen die Wirkungen sich wiederholen, welche im Kleinen in der Retorte stattgefunden haben, es müssen also Erschütterungen entstehen, welche sehr wohl das Zersprengen der Kesselwände, kurz eine Explosion hervorrufen können. — Wenn jedoch die Ueberhitzung eine unbedeutende war, so kann das darauf folgende Sieden nur die Wirkung haben, die Spannung im Kessel augenblicklich, aber vorübergehend zu erhöhen; es müßte also auch der Manometer diese Schwankung des Druckes anzeigen und in gewissen Fällen während der Abkühlung des Kessels plötzlich hinauf und herunter gehen. Da man nun annehmen muß, daß so unbedeutende Ueberhitzungen viel leichter eintreten dürften, als bedeutende, so müßten auch solche Manometerschwankungen in demselben Verhältnisse häufiger vorkommen als Explosionen. Um dies zu constatiren, kommt es nur darauf an, Kessel, welche sich in dem entsprechenden Zustande ruhiger Abkühlung befinden, genau zu beobachten. Solche Beobachtungen liegen aber in der That, wenn auch aus leicht begreiflichen Gründen, nur spärlich, vor. So z. B. berichtet Herr F. Chavannet-Burnat über zwei kleine Verticalkessel mit innerer Feuerung, 4 Atm. Druck und 4 bis 5 Pferdekräften, welche in einer Fabrik in Hâvre functionirten, wörtlich:

„— Diese Kessel beunruhigten mich etwas. Abends, nach dem Auslöschen der Feuer blieb ich oft zurück, um sie zu beobachten. Ich habe mehr als einmal zu meinem großen Erstaunen den Manometer, nachdem er bereits um eine Atmosphäre oder mehr gefallen war, plötzlich wieder hinaufgehen sehen, und es haben sogar einmal, nachdem der Druck sehr schnell gesunken war, die Ventile abgeblasen. Zweimal, als das Feuer zur Zeit einer Arbeitspause gerade sehr heftig war, ließ ich es rasch herauswerfen, den Aschenkasten ausleeren, und hierauf Alles abschließen. Ich öffnete die Fenster, um die Dampfdome, welche nicht verkleidet waren, noch stärker abzukühlen. — Es trat sofort ein rasches Zurückgehen des Manometers ein, worauf dieses plötzlich sprungweise sehr stark hinaufging. Der Kessel war noch sehr warm, sowie auch das Wasser. — Ein zweites Mal, nachdem der Druck sehr stark gesunken war, erzeugte ein gegen den Kessel mit einem Hammer geführter Schlag im Augenblicke ein Hinaufgehen des Manometers. —"

Diese Aussagen aus dem Munde eines ausgezeichneten Ingenieurs stehen übrigens nicht vereinzelt da, und werden von solchen, welche mit der Wartung von Dampfkesseln vertraut sind, wenn auch nicht in so präciser Weise, vollkommen bestätigt. Angesichts dieser Thatsachen, welche sich aus den Dufour'schen Versuchen so naturgemäß und zwangslos erklären und sogar vorhersagen lassen, muß man

zugeben, daß in einem Dampfkessel, namentlich wenn derselbe in einem Stadium der Abkühlung begriffen ist, ein plötzliches zurückgebliebenes Sieden in Folge einer Ueberhitzung des Wassers sehr wohl eintreten könne. — Die unmittelbare Wirkung dieser Erscheinung besteht zunächst in der Erhöhung der Spannung. Diese war allerdings in dem Versuchsapparate immer nur unbedeutend, was vorzüglich in der verhältnißmäßig geringen Wassermenge seinen Grund hat, welche kaum den zwanzigsten Theil des ganzen Rauminhaltes betrug. In einem Dampfkessel jedoch, wo dieses Verhältniß viel größer ist, wird diese Druckerhöhung auch in dem Maße bedeutender sein. Sie hängt übrigens ohne Zweifel von dem Betrage der Ueberhitzung ab, nämlich von der Wärmemenge, welche das überhitzte Wasser im Ueberschusse enthält, und welche im Augenblicke des Siedens zur plötzlichen Verdampfung einer gewissen Menge Wassers verbraucht wird. Es ist jedoch, wenn man eine gleichmäßige Wärmevertheilung voraussetzt, augenscheinlich, daß der Druck, welcher in jenem Augenblicke entsteht, noch immer niedriger sein wird, als jener, welcher vor Beginn der Abkühlung vorhanden war. Es wäre also in dem Falle, daß die besprochene Erscheinung als Ursache einer Kesselexplosion angesehen werden kann, die Explosion nicht als Folge einer hohen Dampfspannung, sondern als Folge einer heftigen Erschütterung und Bewegung der ganzen Masse zu betrachten, welche durch eine zwar verhältnißmäßig geringe, aber plötzliche Druckerhöhung hervorgebracht wird. Wenn man bedenkt, welche Erschütterungen die kleine Masse von 40—50 Grammen Wasser in dem schweren Supporte der Retorte zu erzeugen vermochte, so kann man sich wohl vorstellen, daß diese Wirkung eine furchtbare sein muß, wenn es sich um Massen handelt, welche 10 bis 80000 mal größer sind. —

Man ist übrigens schon seit Langem auf die Vermuthung geführt worden, daß eine einfache, ruhige, wenn auch bedeutende Erhöhung der Dampfspannung nicht leicht als die Ursache einer Dampfkesselexplosion angesehen werden könne. Diese Vermuthung ist zunächst aus der bekannten, schon mehrmals erwähnten Thatsache geschöpft worden, daß in vielen Fällen die Spannung im Augenblicke der Explosion notorisch eine sehr geringe war, sie stützt sich aber auch auf die Erfahrung, daß in dem Falle einer ruhigen gleichmäßigen Druckerhöhung eher Risse in den Kesselwänden entstehen, durch welche der Dampf entweichen kann, ohne daß eine eigentliche Explosion stattfände. Diese letztere Ansicht ist in neuester Zeit von Hall durch unmittelbare Beobachtungen an Dampfkesseln und von Audrand durch Versuche mit Metallgefäßen, in welchen die Spannung sowohl gleichmäßig als auch plötzlich variirt und bis auf 200 Atmosphären gebracht werden konnte, neuerdings bestätigt worden. — Was aber namentlich den ersten Punkt anbelangt, so sind die Fälle, wo es authentisch constatirt worden ist, daß die Explosion unmittelbar nach dem Aufgehen eines Sicherheitsventils oder dem Oeffnen der Dampfabnahme und dem Ingangsetzen der Maschine stattgefunden hat, zu häufig und zu präcis, als daß ein Zusammenhang zwischen dieser Erscheinung und ihren Ursachen geleugnet werden könnte. Gerade diese Fälle sind aber sehr anschaulich durch jenen Versuch dargestellt, wo die plötzliche Verdampfung der überhitzten und isolirten Flüssigkeit in dem Augenblicke eintritt, wo man die Communication mit der Vorlage herstellt. Hingegen kann in einem anderen Falle irgend eine kleine zufällige Erschütterung des Kessels oder seiner Umgebung, oder vielleicht das Ingangsetzen der Speisepumpe sehr leicht Ursache sein, daß der Gleichgewichtszustand der überhitzten Flüssigkeit zerstört und die plötzliche Verdampfung derselben hervorgerufen wird. —

Sind diese Voraussetzungen über die Ursachen der Kesselexplosionen richtig, so folgt ohne Weiteres aus denselben, daß Explosionen in noch viel höherem Grade dann zu befürchten wären, wenn der Kessel durch eine Flüssigkeit gespeist wird, welche noch mehr als gewöhnliches Wasser disponirt ist, über den normalen Siedepunkt hinaus im flüssigen Zustande zu verbleiben. Solche Flüssigkeiten sind in der That im Gebrauche, so z. B. angesauertes, destillirtes und fettiges Wasser. Es muß jedoch der Erfahrung überlassen bleiben, die Bedeutung dieses Einflusses festzustellen. Zwar sind vor Kurzem erst in der Gegend von Manchester Dampfkessel explodirt, deren Speisewasser geringe Mengen von Schwefelsäure enthielt; es wäre jedoch kaum gerechtfertigt, auf Grund so vereinzelter Fälle dem gefährlichen Einflusse der Säure allein alle Schuld zuzuschreiben. Uebrigens muß man auf Grund obiger Bemerkungen mit besonderem Interesse das Verhalten solcher Dampfkessel verfolgen, welche ihr Speisewasser von Oberflächen-Condensatoren beziehen, weil hier das Wasser gerade unter jenen Bedingungen sich befindet, welche es zu Ueberhitzungen vorzüglich eignen, indem es nicht nur mehrfach bis zum Sieden erhitzt und destillirt, sondern überdies, mit einer beträchtlichen Menge Fett oder Oel aus den Cylindern gemengt, in den Kessel gelangt. —

Die Ueberhitzung des Wassers und die verzögerte Dampfentwickelung, so wie sie unter gewissen Verhältnissen eintreten können, dürften demnach in vielen, vielleicht in den meisten Fällen als Ursachen der Dampfkesselexplosionen angesehen werden können; es versteht sich jedoch von selbst, daß in anderen Fällen möglicherweise auch andere Erscheinungen dabei im Spiele sein können, die auf bekannten oder vielleicht noch ganz unbekannten physikalischen Wirkungen beruhen. —

Es ist aber gewiß für die Technik von hohem prakti-

schen Werthe, wenn sich ein Mittel ausfindig machen ließe, die Gefahr einer Dampfkesselexplosion, wenn nicht zu beseitigen, so doch zu vermindern, indem man wenigstens der Entstehung jener Ursachen vorbeugt, welche in den meisten Fällen eine Explosion zur Folge haben. Es geht aus dem Vorhergehenden ohne Weiteres hervor, daß es sich lediglich darum handelt, zu verhindern, daß das Wasser in einem Dampfkessel über die jeweilige Minimalsiedetemperatur hinaus im flüssigen Zustande verbleibe. Auch muß man sofort aus den Untersuchungen schließen, daß es nicht leicht gelingen dürfte, obwohl es das Einfachste wäre, einen festen Körper zu finden, welcher jene Eigenschaft besäße und auch auf die Länge behielte. Wohl wären aber Gase, oder atmosphärische Luft, in kleinen Mengen in das Kesselwasser eingeführt, ohne Zweifel geeignet, jene Wirkung hervorzubringen, wie dies auch schon von Donny angedeutet worden ist. Zu diesem Zwecke schlägt Dufour die Methode der Elektrolyse vor, so wie sie bei seinen Versuchen angewendet worden ist. Man könnte sich sogar darauf beschränken, einen einzigen Platindraht isolirt in den Kessel einzuführen, indem die Kesselwände selbst die zweite und zwar am besten die negative Elektrode bilden könnten. Eine kleine Batterie würde genügen, einen galvanischen Strom zu liefern und dadurch in dem Kesselwasser eine fortwährende Gasentwickelung zu unterhalten. —

Ein zweiter Vorschlag, welcher gewiß nicht weniger Berechtigung hat, besteht nach einer Bemerkung Poggendorf's darin, an dem Kessel irgend eine mechanische Vorrichtung anzubringen, welche geeignet wäre, das Kesselwasser an einem Punkte in fortwährender Bewegung zu erhalten. —

III.

Soweit die Beobachtungen und Ansichten Dufour's. — Die Tragweite derselben kann gewiß Keinem entgehen, der je in der Lage war, sich in einem einzelnen Falle über die Ursachen einer Dampfkesselexplosion ein eigenes Urtheil bilden zu wollen oder zu müssen. — Die Dufour'schen Versuche sind aber, abgesehen von dieser Frage, noch in vielen anderen Richtungen zum Nachdenken über gewisse Probleme der Technik anregend, welche damit in sehr enger Beziehung stehen. Man dürfte sich zunächst zu dem Versuche verleitet fühlen, sich über den sonderbaren Molecularzustand, in welchem sich überhitztes Wasser befindet, eine Vorstellung zu machen. Dieses hängt ohne Zweifel mit der geringen, beinahe verschwindend kleinen Elasticität des Wassers innig zusammen. Zeichnet man z. B. ähnlich, wie man dies bei festen Körpern zu thun pflegt, für eine solche incompressible Flüssigkeit die Spannungen und Ausdehnungen, welche gewissen Temperaturen entsprechen, als Coordinaten einer krummen Linie, so entsteht eine Curve, welche außerordentlich steil ist und ganz wohl versinnlicht, wie das Wasser bei beinahe ein und derselben Temperatur unter sehr verschiedenen Pressungen stehen kann. Der eigentliche innere Vorgang bei der Dampfentwickelung dürfte sich aber in diesem Falle, wie überhaupt, so lange nicht übersehen lassen, bis unsere Begriffe über Wärme und ähnliche Bewegungs- oder Kraftformen eine bestimmtere Gestalt angenommen haben werden. Es ist z. B. nicht unmöglich, daß bei der Ueberhitzung des Wassers, in der bisher gebrauchten Bedeutung des Wortes, elektrische Erscheinungen im Spiele sind, so wie sie bei dem Ausströmen des Dampfes auftreten, und mit großer Wahrscheinlichkeit der Ueberhitzung desselben zugeschrieben werden können.*) Auch herrscht zwischen dem überhitzten Zustande des Wassers und jenem, in dem es sich befindet, wenn es unter dem Gefrierpunkte flüssig erhalten wird, eine unverkennbare Analogie, und man schreibt auch in diesem Falle nach der accreditirten Theorie der Hagelbildung von De la Rive, nach welcher die Hagelkörner durch plötzliches Gefrieren von Wasser entstehen, welches unter Null Grad abgekühlt gewesen ist, dem Auftreten elektrischer Wirkungen eine gewisse Rolle zu. — Wie dem auch sei, so dürften solche Untersuchungen, wie die Dufour'schen, auch der neueren Wärmelehre sehr schätzbare Anhaltpunkte bieten und manche hypothetische Voraussetzungen zu beseitigen geeignet sein, welche ihre praktische Anwendung in manchen Fällen zweifelhaft erscheinen lassen. So muß man sofort eine ganze Reihe von Problemen der mechanischen Wärmetheorie, welche sich auf den Wasserdampf beziehen, einer ähnlichen Beschränkung unterwerfen, wie sie das Dalton'sche Gesetz erlitten hat. Denn bei den meisten dieser Probleme hat man es mit Gemengen von Wasser und Dampf zu thun, und die analytische Behandlung derselben stützt sich auf die ausgesprochene oder stillschweigend angenommene Voraussetzung, daß sich bei den Veränderungen, welche dieses Gemenge erleidet, Wasser und Dampf ganz normal verhalten, und daß die Wärmevertheilung dem entsprechend vor sich gehe, so daß die Temperatur des Wassers stets der Spannungstemperatur des Dampfes gleich sei. Wenn nun diese Voraussetzung in gewissen Fällen nicht, und zwar, wie es scheint, unter gewissen Verhältnissen in der Regel nicht erfüllt wird, so sind auch jene Probleme auf solche Fälle nicht anwendbar, und es muß ihre Anwendung auf bestimmte, gewissermaßen ideale Fälle beschränkt werden. Eine solche Vermuthung ist übrigens bereits von competenter Seite von vorneherein ausgesprochen worden.**) — Unter jenen Problemen nimmt aber unstreitig dasjenige, welches sich auf das Verhalten des Wasserdampfes in dem Cylinder einer Dampfmaschine

*) Zeuner, Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie. S. 133.
**) „ S. 126.

bezieht, das größte Interesse in Anspruch. Hier ist allerdings der Bewegungszustand dem Ueberhitzen des im Cylinder befindlichen und dem Dampfe beigemengten Wassers nicht günstig; andererseits aber befindet sich das Wasser gerade in einem Zustande, welcher es besonders geeignet zu machen scheint, im flüssigen Zustande zu verbleiben, und an den Wärmeveränderungen des Dampfes nicht theilzunehmen. Denn es ist erstens destillirt und überdies mit Oel und Fettsubstanzen in Berührung, namentlich, wenn die Maschine mit einem Oberflächen-Condensator versehen ist, wie wir dies schon oben angedeutet haben. Was den Einfluß der Berührung mit Oel auf das Verdampfen des Wassers anbelangt, so ist dieser in der Praxis schon mehrfach beobachtet worden. So ist uns z. B. ein Fall bekannt, daß Oel, welches zum Temperiren gehärteter Stahlwerkzeuge verwendet und zu diesem Zwecke auf eine sehr hohe Temperatur gebracht wurde, nachdem es zur Reinigung mit Wasser und Salpetersäure behandelt worden war, bei der nachfolgenden Erhitzung gewöhnlich mit explosionsartiger Wirkung plötzlich aus dem Gefäße hinausgeschleudert wurde, so daß diese Reinigungsmethode deshalb verlassen werden mußte. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß diese Erscheinung die Folge einer Ueberhitzung und plötzlichen Verdampfung des in dem Oel zurückgebliebenen und noch dazu angesäuerten Wassers gewesen sei. —

Was nun das Verhalten des Dampfes selbst anbelangt, so liegt die Vermuthung nahe, ob nicht vielleicht durch die Berührung mit fremden und namentlich mit fettigen Substanzen auch die physikalischen Eigenschaften der Dämpfe modificirt werden. Wir würden diese Vermuthung, welche sich übrigens auf Analogie gründet, nicht aussprechen, wenn uns nicht ein Fall bekannt wäre, welcher darauf hinzudeuten scheint, und welcher sich vor circa 2 Jahren in einer Stearinkerzenfabrik in Wien ereignet und damals mit Recht zu lebhaften Controversen Anlaß gegeben hat. Es waren nämlich dort zur Scheidung der verschiedenen fetten Säuren Dampfapparate im Gebrauche. Diese standen unter einem Drucke von 10 Atmosphären, waren aus dem bekannt vorzüglichen Neuberger Holzkohlen-Bleche angefertigt, innen mit Blei ausgefüttert, und waren von dem Fabrikanten, obwohl sie nicht als eigentliche Dampfkessel zu betrachten sind, zur Vorsicht nach den von dem österreichischen Dampfkesselregulativ vorgeschriebenen Bestimmungen probirt worden. Ein solcher Apparat explodirte nun mit den bei gewöhnlichen Dampfkesselexplosionen beobachteten verheerenden Wirkungen, und es war dies um so unerklärlicher, weil hierbei der Kessel, welcher den Dampf lieferte, und dessen Communication mit dem Apparate im Augenblicke der Explosion durch ein Retourventil unterbrochen worden war, unversehrt geblieben war und den normalen Druck angezeigt hatte. Diese Erscheinung dürfte sich aber nicht leicht erklären lassen, wenn man nicht annimmt, daß der Dampf in Berührung mit den Fetten gewisse Eigenschaften angenommen habe, welche von denen des reinen Wasserdampfes wesentlich abweichen. —

Es ist aber weiter bekannt, daß die Expansionsgesetze des Wasserdampfes, welche die mechanische Wärmetheorie für solche Wärmeverhältnisse giebt, wie sie bei Dampfcylindern vorkommen, mit den Gesetzen, so wie sie durch die Indicator-Diagramme dargestellt werden, nicht übereinstimmen, und zwar so auffallend nicht, daß diese Abweichungen nicht zufälligen Ursachen zugeschrieben werden können. Dies mußte schon daraus vermuthet werden, daß die älteren Diagramm-Messungen eine ziemlich gute Uebereinstimmung mit dem einfachen Mariotte'schen Expansionsgesetze, welches doch in diesem Falle gar keine Berechtigung haben sollte, gezeigt haben, so, daß man dieses durch lange Zeit auch sofort als das wahre Gesetz ansehen zu müssen glaubte. Die erwähnten Abweichungen sind aber auch in neuerer Zeit durch wiederholte Untersuchungen von solchen, welche mit den Grundsätzen der mechanischen Wärmetheorie vertraut und befreundet sind, unzweifelhaft constatirt worden. Es ist auch bekannt, auf welche verschiedene Weise man versucht hat, diese Ungefügigkeit des Wasserdampfes, sich den octroyirten, wenn auch naturgemäßen Gesetzen zu unterwerfen, zu erklären und zu entschuldigen; dies umsomehr, weil die Gleichungen, auf welche das Problem der Expansion und Compression des Dampfes nach der mechanischen Wärmetheorie führt, keine directe Auflösung zulassen, und sich schon deshalb nicht zu unmittelbarer praktischer Anwendung besonders empfehlen. — Es scheinen vielmehr jene Differenzen darin ihren Grund zu haben, daß man Gesetze, welche für reines Wasser und reinen Dampf von bestimmten physikalischen Eigenschaften vollkommen giltig sind, von dem speciellen Fall auf den allgemeinen Fall überträgt, wo man es mit unreinem Dampf, in Berührung mit fremden Körpern, zu thun hat. Es ist demnach nicht unwahrscheinlich, daß die Mechanik der Dämpfe in der Anwendung auf nicht vollkommen reine ideelle Dämpfe, gewisse Modificationen erleiden dürfte, für welche allerdings nur durch eingehende experimentelle Untersuchungen eine Basis gewonnen werden kann. — Hat doch auch Hirn nachgewiesen, daß Aetherdampf bei der Expansion gerade das entgegengesetzte Verhalten zeigt, als die übrigen reinen Dämpfe, was vielleicht mit der Bemerkung Regnault's zusammenhängt, daß seine Angaben über den Aetherdampf deshalb etwas schwankend und unzuverlässig seien, weil es schwierig sei, denselben rein darzustellen.

Ergebnisse des Betriebes der Semmeringbahn im Jahre 1863.

Von

H. Desgranges, Obermaschinenmeister der österreichischen Südbahnen.

(Nach den Annales des Mines, 6. série, tome 5, 3. livr. de 1864.)

In verschiedenen Aufsätzen, welche in den Annales des Mines für 1862 und 1863 erschienen sind,*) habe ich die Ergebnisse mitgetheilt, welche im Jahre 1860 bei dem Betriebe der Semmeringbahn im Vergleich zu dem Betriebe der anderen Sectionen des Netzes der österreichischen Südbahnen erzielt worden sind.

Ich bin nun auch im Stande, diese Data für die Jahre 1861, 1862 und 1863 mitzutheilen, und es wird sich hieraus ergeben, daß die günstigen Folgen der auf allen Linien dieses Eisenbahnnetzes eingeführten Verbesserungen im Maschinenwesen für die Semmeringbahn noch mehr hervortreten, als für die übrigen Linien. Obschon die Kosten auf dieser Linie noch immer sehr lästiger Natur für die Gesellschaft sind, so wird man wenigstens zugeben müssen, daß sie nicht von der Art sind, um die zu einer Zeit fast geflissentlich verbreiteten Befürchtungen, als ob der Betrieb dieser schwierigen Linie die Gesellschaft ruiniren werde, zu rechtfertigen.

Die Schwierigkeiten des Betriebes auf der Semmeringbahn sind sicherlich sehr erhebliche, bedenkt man jedoch, einerseits, daß die Länge dieser Strecke (41 Kilometer) nur den 56. Theil**) der ganzen theils in Betrieb befindlichen, theils concessionirten Linien der Südbahn ausmacht, und andrerseits die bereits erzielten wesentlichen Reductionen, so leuchtet es ein, daß die aus diesen Schwierigkeiten erwachsenden Mehrkosten keinen sehr merklichen Einfluß auf den gesammten Betrieb haben können. Wir haben sogar zu constatiren, daß die Zugkosten auf dem Südbahnnetze trotz dieser Schwierigkeiten wesentlich geringer sind, als auf den übrigen österreichischen Eisenbahnen, welche sich in günstigern Verhältnissen befinden, als die Südbahn.

*) Vergl. Civilingenieur, Band 9, S. 295 flgde.

**)

	Länge der concessionirten,	der betriebenen Bahnen.
Oesterreichische Südbahn	2318 Kilom.	1869 Kilom.
Lombardische u. Central-Italienische Bahn	756 „	631 „
	3074 Kilometer.	2500 Kilomet.

Wir haben gesehen, daß die Kosten für Zugaufwand und Unterhaltung des Materiales sich am Semmering auf 2,85 Francs pro Zug und Kilometer beliefen, während dieselben Kosten auf den andern Stationen der Südbahn 1,89 Franc betrugen. Unter Vergleichung dieser Ziffern mit der Schwere der Züge hatten wir ferner gefunden:

1. Daß die aus 15 bis 16 Wagen bestehenden Personenzüge von 100 Tonnen Gewicht (excl. Maschine und Tender) am Semmering auf 2,85 Francs zu stehen kamen, während der Aufwand auf den andern Strecken für ebensolche Züge nur 1,89 Franc betrug, also ein Mehraufwand von 50,79 Procent stattfand;

2. daß bei den Güterzügen, welche damals in 3 Theile (à 117 Tonnen Schwere) getheilt werden mußten, der Aufwand für einen ganzen Zug 2,85 . 3 = 8,55 Frcs. betrug, während dieser Aufwand auf den andern Sectionen sich zu 1,89 Fr., oder im Verhältniß von 1 : 4,52 geringer herausstellte.

Diese Verhältnisse haben sich aber in den Jahren 1860 bis 1863 wesentlich geändert, wie wir zeigen werden.

Bekanntlich rührten die bedeutenden Kosten besonders von dem großen Unterhaltungsaufwande her, welchen die damals verwendeten Engerth'schen Locomotiven verursachten, sowie von dem Uebelstande, daß in Folge der zu geringen Leistungsfähigkeit dieser Maschinen die Züge in 3 Abtheilungen getheilt werden mußten. Der Umänderung dieser Maschinen verdankt man also auch vorzüglich die seitdem erzielten günstigeren Betriebsresultate. Denn schon im Jahre 1861 wurde es in Folge der Umänderung von sechs solchen Maschinen möglich, einen Theil der Züge so zu befördern, daß sie blos in zwei Hälften zerlegt wurden, was trotz einer Vermehrung der Last den Aufwand um 16 Procent verminderte, nämlich von 2,85 auf 2,4 Francs. Im Jahre 1862 gestattete die Umänderung einer größeren Zahl von Maschinen, daß zwei Drittheile sämmtlicher Güterzüge blos noch in zwei Theile (à 175 Tonnen Schwere, excl. Maschine und Tender) getheilt zu werden brauchten, wodurch der Aufwand auf 2,29 Francs, oder um 20 Procent

gegen 1860 sank. Endlich im Jahre 1863 brauchten sämmtliche Züge nur halbirt zu werden und der Aufwand wuchs, trotz der vermehrten Schwere, nicht, sondern erfuhr vielmehr eine abermalige Reduction und zwar bis auf 2,155 Francs, was 24,4 Procent Ersparniß gegen die Ergebnisse des Jahres 1860 repräsentirt. Berücksichtigt man die Vermehrung der Schwere der Güterzüge, so ergiebt sich hiernach, daß am Semmering die Kosten der Zugkraft in den letzten vier Jahren um 50 Procent reducirt worden sind.

Um etwaigen Einwürfen zuvorzukommen, muß ich noch beifügen, daß wir unter den vorwaltenden Umständen berechtigt sind, sowohl auf die Personenzüge des ganzen Netzes, als auch auf die Güterzüge denselben mittleren Satz der Zugkosten anzuwenden, denn die ersteren, deren Zahl verhältnißmäßig gering ist, haben gemeiniglich eine bedeutende Schwere (100 bis 125 Tonnen). Ueberdies werden diese Züge auf dem größten Theile der Bahn von Maschinen mit 4 gekuppelten Rädern und sonst von solchen mit 6 gekuppelten Rädern gezogen, sodaß, unter Berücksichtigung der Verschiedenheit der Geschwindigkeiten, die Kosten für beide Arten von Zügen gleich stark anzuschlagen sein werden.

Bei Durchsicht der Tabelle Nr. 1, welche weiter unten folgt, bemerkt man leicht, wie sich die Zugkosten am Semmering zu denjenigen der andern Linien verhalten. Die Personenzüge von 14 bis 15 Wagen, welche auf einmal den Semmering passiren, kosteten z. B. im J. 1863 pro Kilometer 2,155 Francs, während der mittlere Aufwand auf den anderen Linien, mit Ausnahme der Venetianischen und Tyroler Bahn, über welche besondere Rechnung geführt wird, nur 1,238 Fr., also 0,917 Franc oder 74 Procent weniger betrug. Bei den Güterzügen resultirt im J. 1863 für jeden halben Zug (175 Tonnen) am Semmering 2,155, also für einen ungetheilten Zug 4,31 Francs, während die Zugkosten im J. 1860 gleich 8,547 Francs ausfielen. Auf den übrigen Bahnstrecken betrugen die durchschnittlichen Kosten 1,238 Fr. oder 3,07 Fr. weniger und es ergiebt dies das Verhältniß 1 : 3,48, während im J. 1860 das Verhältniß 1 : 4,52 bestand.

Zu diesen Verhältnißzahlen ist jedoch zu bemerken, daß auch die mit der Semmeringbahn verglichenen Linien nicht Bahnen ganz gewöhnlicher Art sind. Bekanntlich zeigt die Hauptbahn vom Semmering an bis Triest (461 Kilometer) zahllose starke Curven und viele Steigungen von 5 bis 8 in 1000, besonders auf der Section am Karst (Laybach bis Triest, 150 Kilometer), wo die Steigung 7 bis 12 auf 1000 beträgt. Man würde also eine unvollkommene Anschauung von dem Einflusse der Steigungen und Curven des Semmering auf die Zugkosten im Allgemeinen erhalten, wenn man sich mit dem vorgeführten Vergleiche begnügen wollte, und man thut deshalb besser, die Resultate der Venetianischen und Tyroler Bahnen, welche nicht solche Schwierigkeiten in Bezug auf Curven und Steigungen bieten, wie die andern Theile des Süd-Oesterreichischen Eisenbahnnetzes, dagegen zu halten. Vergleicht man aber die Tabellen 1 und 2, so ergiebt sich:

Personenzüge	Semmering	2,155 Francs.
	Venetien u. Tyrol . .	0,720 „
	Differenz	1,435 Francs.
	Verhältniß	1 : 3.
Güterzüge	Semmering	4,31 Francs.
	Venetien u. Tyrol . .	0,72 „
	Differenz	3,59 Francs.
	Verhältniß	1 : 6.

Bei dieser Vergleichung erscheint der Semmeringbahnbetrieb im ungünstigsten Lichte, es ist jedoch hervorzuheben, daß dieser Vergleich ebensowenig richtig ist, als der zuerst angestellte Vergleich zu den übrigen Bahnen des österreichischen Südbahnnetzes; er fehlt nämlich im entgegengesetzten Sinne, da die Betriebskosten auf der Venetianischen und Tyroler Bahn, wie die Tabelle Nr. 2 beweist, so außerordentlich gering sind, daß keine einzige andere Bahn, selbst die französischen nicht, sich eines so geringen Zugaufwandes rühmen kann.

Aus den vorstehenden Vergleichungen ergiebt sich, daß sich der Mehraufwand, welcher durch Steigungen von 1 : 40 und Curven von 180 Meter Radius herbeigeführt wird, nicht wohl ermitteln und das Verhältniß des Zugaufwandes solcher Bahnen zu demjenigen anderer Bahnen nicht absolut feststellen läßt. Dasselbe variirt mit der Art der Tracirung und den verschiedenen Elementen des Betriebes, doch dürften sich mit Hilfe der mitgetheilten Ziffern in speciellen Fällen wohl annähernd richtige Vergleichungen ziehen lassen.

Es wurde bereits angeführt, welche Vortheile in Bezug auf die Zugkosten der Verbesserung der Maschinen zu verdanken seien; diese Abänderungen sind aber angegriffen worden, indem man namentlich die Befürchtung aussprach, daß das Geleis mehr leiden werde. Es ist dies zwar nicht zuzugestehen, da die ursprünglichen Engerth'schen Maschinen so gebaut waren, daß die Vorderaxen ein Gewicht von 15250, die Hinteraxen aber nur 19800 Kilogramm zu tragen hatten, während bei den umgebauten Maschinen im Maximo nicht mehr als 12000 Kilogr. auf den Axen ruht,*) doch mußte man in dieser Beziehung noch den Erfolg

*) Gewicht der Engerth'schen Maschinen

mit Zahnradvorgelege:			nach Entfernung der Kuppelung:		
1. Vorderaxe	15250 Kil.		1. Vorderaxe	12000 Kil.	Adhäsionsgewicht 46400 Kil.
2. „	10700 „		2. „	11350 „	
3. „	15650 „		3. „	11300 „	
4. „	6250 „		4. „	11750 „	
5. „	19800 „		1. „	9000 „	19600 Kil.
			2. „	10600 „	
Summe	67650 Kil.		Summe	66000 Kil.	

abwarten. Im Nachstehenden theile ich demnach die Angaben mit, welche mir die die Aufsicht über den Oberbau führenden Ingenieurs über den gesammten Unterhaltungsaufwand gemacht haben.

Im Jahre 1854 hat sich dieser Aufwand belaufen auf . . . . 237750 Francs.

Von da ist er nach und nach gewachsen und hat im J. 1861 eine Höhe erreicht von . . . . 852710 „

Von dieser Zeit an, welche der Umänderung der Maschinen und einer sorgsameren Beaufsichtigung des Oberbaues und größerer Ersparnisse in allen Branchen entspricht, wurden die Kosten weiter reducirt im J. 1862 auf . . . . . 584665 „
im J. 1863 „ . . . . . 439492 „
und es läßt sich voraussetzen, daß dieser, von 20800 Francs pro Kilometer bereits auf 10719 Francs gesunkene Aufwand sich in Zukunft noch weiter reduciren lassen werde.

Wir geben uns der Hoffnung hin, daß diese Zahlen jeden Einwand beseitigen werden, und daß Nichts die von der Gesellschaft seit der Uebernahme der Oesterr. Südbahn getroffenen Einrichtungen besser rechtfertigen werde.

Außer den angeführten Vortheilen ist erreicht worden, daß die großen Werkstätten zu Mürzzuschlag, welche besonders für den Semmering bestimmt waren, entbehrlich wurden, und daß wir das in den Maschinen steckende Capital dadurch um mehr als eine Million oder 33 Procent reduciren können, daß wir 10 oder 12 überflüssig gewordene Maschinen von der Semmering- an die Brennerbahn ablassen.

Bis jetzt ist nur speciell von den Zugkosten die Rede gewesen, welche im vorliegenden Falle den hauptsächlichsten variablen Factor der Betriebskosten ausmachen; es ist nunmehr aber an der Zeit, auch über die übrigen Capitel der Ausgaben ein Wort zu sagen. Wie bereits erwähnt betrugen die gesammten Ausgaben bei dem Oberbaue (incl. Ueberwachung) im J. 1863 439492 Francs oder 10719 Francs pro Kilometer und Jahr, während sich dieselben auf den andern Sectionen der Wien-Triester Bahn auf 4000 Francs beliefen. Bezieht man diese Ausgabe auf das Zug-Kilometer, so erhält man für den Semmering:

$$\frac{439492 \text{ Francs}}{78257 \text{ Personen-Kilom.} + \frac{1}{2} \cdot 191569 \text{ Fracht-Kilom.}} = 2{,}52 \text{ Francs, oder}$$

$$\frac{439492}{269826} = 1{,}63 \text{ Franc bei den Personenzügen,}$$

$$1{,}63 \cdot 2 = 3{,}26 \text{ „ „ „ Güter „}$$

Auf den andern Sectionen beträgt dieser Aufwand dagegen nur 0,722 Franc pro Personen- oder Güterzug-Kilometer.

Was die Kosten der Aufsicht und des Stationsdienstes (service du mouvement et des stations) anlangt, so werden dieselben auf beiden Arten von Bahnen gleich sein, denn wenn man einerseits genöthigt ist, jedem Zuge auf dem Semmering 2 oder 3 Bremser beizugeben, was einen Mehraufwand verursacht, so ist andrerseits bei Gebirgsbahnen, auf denen nur ein Transitverkehr stattfindet, der Stationsdienst billiger, als anderwärts. Die durchschnittlichen Kosten der Aufsicht betrugen im J. 1863 pro Zugkilometer 0,99 Franc.

Bezüglich des allgemeinen Administrationsaufwandes sind wir ebenfalls der Meinung, daß derselbe wie derjenige für die Bewegung vertheilt werden müsse, und somit gestalten sich die gesammten Kosten ohne Rücksicht auf die Theilung am Semmering wie folgt:

Art der Ausgaben.	Semmeringbahn Güterzüge. 350 Tonnen im Maxim.	Semmeringbahn Personenzüge. 14 bis 15 Wagen.	Uebrige Sectionen der Linie Wien-Triest. Personen- u. Güterzüge.	Venetien und Tyrol. Personen- u. Güterzüge.
	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Zugkosten	4,31	2,155	1,238	0,72
Geleis	3,26	1,63	0,722	0,613
Aufsicht	0,99	0,99	0,99	0,796
Administration	0,15	0,15	0,15	0,253
Summe pro Zugkilometer	8,71	4,925	3,10	2,382

Mit Hilfe dieser Tabelle lassen sich von verschiedenen Gesichtspunkten aus allgemeinere Vergleichungen anstellen, als oben bezüglich der speciellen Zugkosten gewonnen worden sind. Um nicht die uns gesteckten Grenzen zu überschreiten, knüpfen wir nun die auf den Semmering speciell Bezug habenden Folgerungen an.

Bekanntlich hat das vom Staate für die Erbauung dieser Bahn aufgewendete Capital ungefähr 60 Millionen

Francs betragen. Bezieht man auf diese 41 Kilometer lange Strecke die durchschnittliche Einnahme der Wien-Triester Bahn, nämlich 60000 Francs pro Kilometer, so ergiebt dies eine Einnahme von 2460000 Francs.

Dagegen beträgt die Ausgabe: Zugkosten 581543,72 Francs.
Geleis 439492,00 „
Aufsicht 267127,74 „
Administration 40473,90 „
Summe 1328637,36 Francs.*) 1328637,36 „

Daher ergiebt sich ein Ueberschuß von . . . . 1131362,64 Francs,

wonach die Betriebskosten 54 Procent**) der Einnahmen betragen und 1,88 Pocent für Interessen und Amortisation des Anlagscapitals verbleiben würden. Für die Gesellschaft ist das Resultat insofern günstiger, als sie die Kosten der Anlage der Semmeringbahn nicht zu tragen gehabt hat.

Tabelle I. Uebersicht der Kosten für Zugkraft in den Jahren 1859 bis 1863.

1. Wien-Triester, Ungarische und Croatische Eisenbahn.

Specielle Ansätze.	Unter der Staatsverwaltung im J. 1859.	Unter Verwaltung der Gesellschaft 1860	1861	1862	1863.	Verminderung der Kosten des J. 1863 gegen 1858.	Bemerkungen.
Durchlaufener Weg der Züge in Kilometern	4416023	3990493	5542559	5345937	4551630		
Durchlaufener Weg der Maschinen in Kilometern	5967971	4561279	6078358	5701986	4797530		
Ueberschuß an zurückgelegtem Wege der Maschinen gegen die Züge in Proc.	35,12	14,30	9,66	6,66	5,40		
Gesammter Zug- und Unterhaltungsaufwand in Francs	13322592	7958366,92	8205802	7698344,85	5883419,10	7439172,90	
Aufwand pro Zug-Kilometer.							
1. Locomotiven.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Proc.	Länge im Betrieb:
Führer	0,244	0,254	0,223	0,230	0,255	„	1859 614 Kilom.
Brennmaterial	1,082	0,828	0,685	0,549	0,454	58,0	1860 723 „
Schmiere	0,136	0,077	0,083	0,071	0,052	61,4	1861 1025 „
Wasser	0,109	0,066	0,033	0,031	0,024	77,8	1862 1150 „
Reparaturen	0,636	0,351	0,236	0,269	0,203	68,4	1863 1278 „
Allgemeine Kosten	0,098	0,083	0,061	0,072	0,100	„	
2. Fahrzeuge.							
Reparaturen an Personenwagen	0,228	0,095	0,036	0,068	0,070	} 72,3	
desgl. an Waggons	0,434	0,175	0,069	0,094	0,078		
Schmiere	„	0,042	0,038	0,037	0,034		
Allgemeine Kosten	0,049	0,023	0,016	0,019	0,022	56,0	
Gesammtaufwand pro Zugkilom.	3,016	1,994	1,480	1,440	1,292	„	
Gewinne gegen 1859	„	33,8 %	50,9 %	52,2 %	57,1 %	57,1 %	

*) Im Jahre 1858—59 betrugen sie 2738375 Francs.

**) Im Jahre 1863 erhoben sich die Betriebskosten auf der Wien-Triester Bahn auf 33,8 % der Einnahmen.

Tabelle II. Uebersicht der Kosten für Zugkraft in den Jahren 1859 bis 1863.

Venetianische und Tyroler Bahn.

Specielle Angaben.	Unter der Administration der Gesellschaft.					Abnahme im J. 1863 gegen 1859.	Bemerkungen.
	1859	1860	1861	1862	1863.		
Zurückgelegter Weg der Züge in Kilometern	1062318	1264631	1589962	1776345	1655117		
Zurückgelegter Weg der Maschinen in Kilometern	1508775	1606618	1938419	1915980	1748195		
Mehr zurückgelegter Weg bei den Maschinen, als bei den Zügen in Kilometern	42,02	27,04	21,91	7,86	5,62		
Gesammter Zug- und Unterhaltungsaufwand in Francs	1285646,78	1426862,03	1701328,10	1388447,60	1194068		
Aufwand pro Zug-Kilometer.							
1. Locomotiven.	Francs.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Proc.	Länge im Betrieb:
Führer	0,17	0,23	0,163	0,130	0,137	19,4	1859 415 Kilom.
Brennmaterial	0,58	0,43	0,443	0,308	0,276	52,4	1860 518 „
Schmiere	0,06	0,04	0,054	0,042	0,039	35,0	1861 bis
Wasser	0,03	0,02	0,016	0,013	0,013	58,6	1863 518 „
Reparaturen	0,18	0,20	0,176	0,129	0,118	40,0	
Allgemeine Kosten	0,02	0,02	0,041	0,055	0,040	„	
2. Wagen und Waggons.							
Reparaturen an Wagen	0,08	0,08	0,064	0,050	0,037	53,7	
desgl. an Waggons	0,05	0,09	0,094	0,037	0,048	4,0	
Schmiere	0,02	0,01	0,01	0,007	0,006	70,0	
Allgemeine Kosten	0,01	0,01	0,09	0,010	0,006	4,0	
Summe des Aufwandes pro Zugkilometer	1,20	1,13	1,070	0,781	0,720	„	
Gewinn gegen 1859 in Proc.	„	5,83	10,83	34,94	40	40	

Tabelle III. Zusammenstellung der Kosten der Zugkraft auf der Semmeringbahn und den andern Bahnsectionen.

(Kosten in Francs pro Zugkilometer.)

Bezeichnung der Linie.	1859	1860	1861	1862	1863.
Südbahn.					
Die Semmeringbahn für sich	„	2,85	2,40	2,29	2,155 *)
Die anderen Sectionen	„	1,89	1,42	1,39	1,238
Die gesammte Linie der Südbahn	3,016	1,99	1,48	1,41	1,292
Venetien und Tyrol	1,20	1,13	1,07	0,78	0,72.

*) Von 1860 bis 1863 ist die Schwere der Züge um 50% gewachsen.

Tabelle IV. Brennmaterialverbrauch bei den Maschinen der Semmeringbahn in den Jahren 1860 bis 1863.

Jahrgang.	Cokes. Kilogr.	Weglänge. Kilomet.	Weg der Maschine incl. Dienst auf den Stationen.	Brennmaterialverbrauch in Kilogr. pro Kilometer*)	
				Weg der Züge.	Weg der Maschine.
1860	15330997	425969	468465	36	32
1861	11387009	349730	382516	32	29
1862	8332543	300717	309443	27	26
1893.	7129978	269826	295414	26	24

*) Man feuert auf der Semmeringbahn Lignit von Leoben, dessen Heizkraft 65 % von derjenigen des Cokes beträgt. In der Tabelle ist der Aufwand in Kilogrammen Cokes angegeben.

Im Jahre 1860 wurden die Züge in drei, im Jahre 1863 aber nur noch in zwei Abtheilungen zerlegt.

Eisenbahn-Räder.

(Hierzu Fig. 1—3 auf Taf. 21.)

Leider ist es Thatsache, daß das Gefühl der Sicherheit, sowie die Erwartungen, welche man betreffs einer vermuthlich längeren Dauer und deshalb großer Wohlfeilheit daran knüpfen konnte, bei der ausgedehnteren Anwendung der Gußstahltyres durch die in nicht erwünschter Häufigkeit vorkommenden Brüche der Bandagen in einer Stärke von größtentheils $1^3/_4$ bis 2 Zoll sehr beeinträchtigt worden, und so ist der Wunsch nach größerer Vollkommenheit um so natürlicher und gern würde man obberegten Eventualitäten, sowie den Schwierigkeiten der Behandlung der Gußstahlreifen beim Aufzug, welche sich durch die Verschiedenartigkeit der Radgestelle betreffs der Contractionsfähigkeit, sowie durch die Heterogenität in der Qualität des Reifenmaterials selbst, schließlich auch bei dem augenblicklichen Mangel einer allen Ansprüchen genügenden Befestigungsmanier und durch die Profilverschwächungen bei der jetzt gebräuchlichen Weise dem Betriebe entgegenstellen, aus dem Wege gehen. Ist es doch constatirt, daß Räder, welche aus dem Ganzen gefertigt sind, viel besser sich conserviren und größere Sicherheit gewähren, wenn sie nur durch einen höheren Grad der Elasticität in den Stand gesetzt wären, Bremserhitzung zu ertragen.

Betreffs der Materialverschiedenheit der Reifen, welche in der That als vorhanden und unangenehm sich dadurch nachweist, daß von den Bandagen der einen Fabrik eine größere Anzahl geborsten ist, als von der andern, ist die einfache Thatsache erklärend, daß die erste Fabrik auf Kosten der Sicherheit dem Material eine größere Härte zutheilt, um eine überlegene Meilenzahl damit zu erzielen, die zweite lieber das größere Leistungsquantum schwinden läßt, um einen weicheren Gußstahl, bei dem weniger Brüche vorkommen, allerdings auf Kosten der Wohlfeilheit in der Unterhaltung, weil die Leistung vielleicht kaum höher als die des Feinkorneisens zu bringen ist, zu erzeugen. Welches ist hier daher der bessere Weg? Man scheint angesichts dieser Frage die richtige Grenze noch nicht haben finden zu können, da auch Brüche bei dem weicheren Material ebensowenig ausgeschlossen sind.

Auf die verschiedenen Befestigungsmanieren der Gußstahlreifen auf den Radgestellen kommend und abgesehen von den kleineren, zur Erhöhung der Sicherheit gegen seitliche Verschiebung derselben angebrachten Mitteln, daß man beim Ausdrehen vorderseits einen Ansatz von $^1/_8$ Zoll Höhe stehen läßt, daß man die Bolzen oder Schrauben mehr seitlich, mehr in's dickere Fleisch gehend oder dicht neben die Speichen setzt, so sind theils die durchgehenden Keilschrauben,

theils die kurzen von unterhalb eingesetzten Kopfschrauben von $^1/_2$ bis $^5/_8$ Zoll Länge gebräuchlich. Da die erstere Art eine größere Verschwächung des Querschnitts bedingt, so neigen viele Eisenbahnen sich hauptsächlich der letzteren Art zu und constatiren, daß diese bis jetzt sich theils untadelhaft, theils bei andern genügend bewährt haben; manche können indessen das Bedenken nicht verschweigen, daß beim Vorkommen von Brüchen auf ein Festhalten der Bandagen seitens der Kopfschrauben nicht zu rechnen sei. Ein allgemeines Vertrauen genießen dieselben daher nicht und halten einzelne Eisenbahnen umsomehr an den älteren Keilschrauben fest, welche sich viel leichter correct und sicherer befestigen lassen, als jene. Eine Einigung der Ansichten ist auch hier durch die Sachlage völlig ausgeschlossen.

Da die Mängel beider Befestigungsarten schon andern Ortes zur Genüge verglichen sind, so gehen wir darüber hinweg und geben dem Wunsche Raum, daß man bald auf die Herstellung eines vollkommenern Rades bedacht sein möchte, und können uns hier auch eines Vorschlages zu dem Zwecke nicht enthalten, des Vorschlages zu einem Rade, welches quasi ein Ganzes bildend, jede Verschwächung der Radreifen durch Befestigungsmittel vermeidet und öffentlich angeregt werden muß, um das Interesse der Betreffenden vielleicht anzuregen, zumal da Versuche damit zu machen, nur den Räder fabricirenden Gußstahlfabriken thunlich ist. Ein solches Rad ist in Fig. 1 dargestellt. Wir haben von der Construction der gewellten Scheibe, welche ihre für die Dauer ungenügende Elasticität bislang schon dargethan, abgesehen und bleiben bei dem Radstern mit Speichen, welche, in ihren Details genügend gekrümmt, nicht die Form des gleichschenkeligen Dreiecks bildend, der man häufig begegnet, eine entsprechende Elasticität nicht unmöglich machen. An dem äußeren Ende sind die Speichen mit einem schwalbenschwanzartigen Kopf a versehen, dessen obere Ansicht in Fig. 3 angegeben ist. Diese bildet ein Polygon, um eine seitliche Verschiebung des Reifens zu verhüten. Um solchen Radstern nun, der möglichst gut und concentrisch bearbeitet sein mag, würde die Bandage, regelrecht in einer Form von gutem Tiegelstahl umgegossen werden müssen, und erhielte in den Knaggen bb, welche um die Köpfe der Speichen herumgreifen, eine gute Befestigung, sowie durch die Abkühlung eine genügende Spannung. Durch eine geringe Abdrehung auf der Axe mögen kleine Unregelmäßigkeiten und Abweichungen von der genauen Kreisform entfernt werden. Das Rad wird ein compactes Ganzes bilden, keine Profilverschwächungen durch Bohrlöcher erleiden, elastisch sein, auch im Fall eines Bruches nicht auseinanderfliegen und bis auf ein ziemlich geringes Maaß der Dicke abgenutzt werden können, daher auch eine lange Dauer haben.

Gegen die Verschiebung zur Seite ist in Fig. 2 noch ein andrer Weg, es führen ja viele zum Zwecke, angegeben, indem der Speichenkopf oben mit einer Rille f versehen ist, welche sich beim Guß entsprechend ausfüllt.

Mögen nun bei der Fabrikation solcher Räder technische Schwierigkeiten, wie wohl zu vermuthen, zu überwinden sein, so müßten diese eben überwunden werden, um etwas Besseres zu erreichen. Etwas, das den Rädern von vornherein vorgeworfen werden könnte, wäre, daß man sich, da eine Auswalzung, wie sie bisher bei der Bandagenfabrikation zur Geltung kam, nicht mehr möglich, den rohen Tiegelstahl gefallen lassen müßte; doch dürfte, da die Stahlfabrikation sich zu einer so bedeutenden Vollkommenheit emporgeschwungen hat, ein ernstliches Hinderniß in Erreichung der entsprechenden Qualität auch hierin für die Dauer nicht gefunden werden.

Zur Erhöhung der Sicherheit wird noch vorgeschlagen, die Speichen von vornherein bei e mit Gewindelöchern zu versehen, und, wenn Streckungen und Lockerungen in den Reifen vorkommen sollten, Stellschrauben in dieselben einzuziehen, um ein scharfes Anlegen der keilförmigen Köpfe in den Knaggen zu bewirken.

Wir können nicht unterlassen, eingedenk der Umständlichkeiten, der großen Zeit- und Geldkosten, welche die Unterhaltung des Räderparkes einer Eisenbahn von nur einigermaaßen großem Umfange mit sich bringt, der so viel besprochenen Schaalengußräder in einer Beziehung Erwähnung zu thun, ohne Rücksicht auf die ihnen sonst nachgesagten Mängel, nämlich darauf hinzuweisen, daß sie, eine bestimmte Güte ihrer Art und Beschaffenheit vorausgesetzt und eine verhältnißmäßige, nicht zu hohe Ersatzzahl für geborstene oder später sich sonst als schadhaft herausstellende ungerechnet, für die Reparaturwerkstätten ein Segen sein müssen, da sie in der That nicht den zehnten Theil jener zur Reparatur der sonst üblichen Räder gehörigen unzähligen Manipulationen, des ewigen Transportes, des Entfernens und Remplacements unter die Fahrzeuge beanspruchen; Reifenlockerungen, Bocklahmwerden, Bersten des Unterreifens und wie die Krankheiten alle heißen, und kostspielige Reparaturen von trotzdem nur kurzer Abhilfe kommen nicht vor. Ein schadhaftes Schaalengußrad wird eben abgezogen, leichterweise zerschlagen und durch ein fertiges neues ersetzt, da es gänzlich verworfen ist, während von andern alten Rädern so vieles alte, fast Verbrauchte, nur zu schade zum Wegwerfen, sich Jahrzehnte mitschleppen läßt, damit die Unterhaltung nicht zu hoch werde.

Nicht unberechtigt vielleicht sind unsere Hoffnungen, welche wir in dieser Beziehung, betreffs Erreichung eines ähnlichen Zustandes, an unser oben beschriebenes Rad knüpfen zu können glauben.

— n. —

Centrifugalregulator für Dampfmaschinen mit sehr gleichförmiger Umdrehungszahl.

Von

Albert Wuest, Ingenieur auf den Leiston Works in Suffolk.

(Hierzu Fig. 4 auf Tafel 21.)

Bei den meisten Dampfmaschinen steht der Regulator ununterbrochen mit der Drosselklappe, oder mit einer Vorrichtung zum Aendern der Expansion in Verbindung. Bei solch' einer Anordnung sollten natürlich die Kugeln des Regulators bei gleicher oder nahezu gleicher Umdrehungszahl der Maschine sehr verschiedene Stellungen einnehmen können.

Die gewöhnlich angewandten Regulatoren erfüllen bei den üblichen Dimensionen, mit Ausnahme des parabolischen Regulators, diese Bedingung sehr unvollkommen, und der letztere hat wegen seiner geringen Umdrehungszahl und seines großen Reibungsmomentes eine geringe Empfindlichkeit.

Die folgenden Formeln zeigen für die zwei gebräuchlichsten Regulatoren, den Watt'schen und den Porter'schen, welche Dimensionen man denselben geben muß, um bei gegebenem Ungleichförmigkeitsgrad eine bestimmte Verschiebung der Muffe zu erhalten. Die Verschiebung der Muffe hängt nicht allein von der Höhenänderung der Kugeln ab, sondern ist auch noch von der Länge und Lage der Verbindungsstangen zwischen der Muffe und den Regulatoren beeinflußt. Bei den üblichen Anordnungen ist diese Verschiebung gleich der einfachen bis zweifachen Höhenänderung der Kugeln.

Die zulässige Höhenänderung der Kugeln ist:

Für den Watt'schen Regulator

$$h_1 - h_2 = 2\delta \left\{ \frac{g}{0{,}011\, n^2} \right\}$$

und für den Porter'schen Regulator

$$h_1 - h_2 = 2\delta \left\{ \frac{g}{0{,}011\, n^2}\left(1 + \frac{G_1}{2G} + \frac{G_1}{2G} \cdot \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\beta}\right) \right\},$$

wobei:

h_1 der verticale Abstand der Kugeln vom Aufhängungspunkte für die niedrigste, und

h_2 diese Entfernung für die höchste Umdrehungszahl ist.

g Beschleunigung der Schwere,

n mittlere Umdrehungszahl des Regulators pro Minute,

δ zulässiger Ungleichförmigkeitsgrad der Maschine,

$$\frac{G_1}{2G} = \frac{\text{vertical bewegliches Gewicht}}{\text{Gewicht der beiden Kugeln}},$$

α Winkel der Verbindungsstangen zwischen Muffe und Regulatorarmen mit der Regulatoraxe.

β Winkel der Regulatorarme mit der Regulatoraxe.

In beiden Gleichungen ist der Factor in der großen Klammer gleich der verticalen Entfernung h der Kugeln von ihrem Aufhängepunkt für die mittlere Umdrehungszahl n des Regulators.

Wenn man für δ Zahlenwerthe einsetzt, so bekommt man $h_1 - h_2$ in Theilen von h ausgedrückt, und hat für die beiden obigen Regulatoren, wenn:

$$\delta = 1/_{20} \qquad h_1 - h_2 = 0{,}1\, h,$$
$$\delta = 1/_{80} \qquad h_1 - h_2 = 0{,}025\, h.$$

Nimmt man die Verschiebung der Muffe $h = 2(h_1 - h_2)$ an, so hat man für

$$\delta = 1/_{20} \qquad h = 5\,(h_1 - h_2),$$
$$\delta = 1/_{80} \qquad h = 20\,(h_1 - h_2).$$

Wird eine Verschiebung der Muffe von 50 Millimetern verlangt, so wird im ersten Fall $h = 250$ Millimeter und im zweiten Fall $h = 1000$ Millimeter, was einem Regulator von mehr als 2 Metern Höhe entspricht.

Um diese colossalen Dimensionen der Regulatoren für die höheren Grade der Gleichförmigkeit zu vermeiden, habe ich einen Regulator construirt, der sehr empfindlich ist, ganz mäßige Dimensionen beansprucht, und für liegende Dampfmaschinen sehr einfach wird.

Fig. 4 giebt eine Längenansicht dieses Regulators in $1/_5$ der wahren Größe. Die horizontale Welle a wird sammt den Kugeln, den Hebeln und der Feder von der Kurbelwelle aus mittelst conischer Räder in Umdrehung gesetzt. Die Kugeln b stehen mittelst der Winkelhebel b c d und der Verbindungsstangen d e mit der Muffe e g und der Feder f g in Verbindung, und die Muffe wirkt mittelst eines Hebels oder einer ähnlichen Vorrichtung auf die Drosselklappe, oder auf die Expansionsvorrichtung.

Da die Feder so construirt ist, daß sie für die innerste und äußerste Lage der Regulatorarme der Centrifugalkraft der Kugeln bei richtiger Umdrehungszahl der Maschine das Gleichgewicht hält, so muß sie bei richtiger Tourenzahl die Kugeln in jeder beliebigen Stellung zwischen diesen beiden extremen Lagen balanciren, weil nicht nur die Zusammendrückung der Feder, sondern auch die Centrifugalkraft der Kugeln proportional dem Abstand der letzteren vom Wellmittel wächst. Nimmt aber die Maschine eine unrichtige, z. B. größere Umdrehungszahl an, so werden die Kugeln plötzlich sich von der Drehaxe entfernen, weil dann die Centrifugalkraft wegen der vergrößerten Winkelgeschwindigkeit nicht mehr blos proportional dem Abstand der Kugeln von der Drehaxe sein kann. Diese Bewegung der Kugeln und der Drosselklappe wird so lange dauern, bis die Maschine wieder ihre richtige Umdrehungszahl hat, wenn natürlich ein neuer Gleichgewichtszustand zwischen Feder und Kugeln eintreten muß.

Die Dimensionen eines solchen Regulators bestimmen sich aus den folgenden Formeln.

Gewicht G einer Kugel:

$$G = \frac{W . g}{0{,}022\, \delta n^2 r_1} . \frac{l_1}{l}.$$

Stärke d des runden Drahtes zur Spiralfeder:

$$d = \sqrt[3]{\frac{w . r . 16 . \varrho}{\delta . r_1 \pi . k}}.$$

Zusammendrückung λ_1 der Feder für die innerste Stellung der Kugeln:

$$\lambda_1 = \lambda \frac{r_1}{r - r_1}.$$

Anzahl u der Umwindungen der Feder:

$$u = \frac{(\lambda + \lambda_1) K . d}{4 \pi \varrho^2 . k},$$

wobei außer den schon oben erklärten Bezeichnungen:

W der Widerstand der Muffe,

r_1 und r der kleinste und größte Abstand der Kugeln von der Drehaxe,

$\frac{l_1}{l} = \frac{cd}{cb}$ (siehe Fig. 4) Verhältniß der Arme des Winkelhebels,

ϱ Halbmesser des Grundcylinders der Spiralfeder,

λ Verschiebung der Muffe,

k zulässige Belastung des Federmaterials und

K Modulus der Schubelasticität des Federmaterials $= \frac{2}{5}$ Elasticitätsmodulus.

Der in der Fig. 4 abgebildete Regulator ist mit einer ungehärteten Gußstahlfeder versehen, hat eine mittlere Umdrehungszahl von 300 pro Minute, erlaubt 50 Millimeter Muffeverschiebung, und giebt für 3 Kilogr. Muffewiderstand einen Ungleichförmigkeitsgrad von $\frac{1}{80}$ in der nahezu innersten Stellung der Kugeln, und von $\frac{1}{236}$ in der nahezu äußersten Stellung, also selbst in der ungünstigsten Lage eine Gleichförmigkeit, wie sie nur für Spinnereien mit hohen Nummern nöthig ist.

Leiston-Works, 1. März 1865.

Notiz über Léon Foucault's neuen isochronen Regulator.

Von

L. Sautter.

(Hierzu Fig. 9 und 10 auf Tafel 13.)

Das conische Pendel oder der Watt'sche Centrifugalregulator wird bei den Dampfmaschinen vermöge seiner Eigenschaft, sich bei einer gewissen Steigung der Arme mit der durch die Formel

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

bestimmten constanten Geschwindigkeit zu bewegen, als Regulator verwendet, indem die Länge l der Projection der Arme oder Hängestangen auf die verticale Drehungsaxe sich mit dem von den Armen eingeschlossenen Winkel verändert und umgekehrt eine Veränderung in der Geschwindigkeit des die Regulatorwelle treibenden Motors

eine Aenderung in dem Winkel zwischen den Armen hervorruft.

Die Bewegung dieser, sich so lange hebenden oder senkenden Arme, bis sie die der Rotationsgeschwindigkeit des Motors entsprechende Lage gefunden haben, wird bei den Dampfmaschinen zur Oeffnung oder Schließung der Dampfzutrittsöffnungen, resp. zur Variirung der Expansion angewendet.

Theoretisch genommen ist die Hebung oder Senkung der Regulatorarme das erste Anzeichen einer Störung des Gleichgewichtes zwischen der treibenden Kraft und den Widerständen der Maschine und die erste Aeußerung der dadurch frei gewordenen positiven oder negativen Arbeit. Sobald der Apparat diese Störung anzeigt, strebt er auch danach, sie aufzuheben, indem er auf die Drosselklappe oder das Expansionsventil einwirkt, also die motorische Kraft modificirt.

Wenn das Pendel aber auch das Gleichgewicht wieder herstellt, so bewirkt es doch noch nicht die Normalgeschwindigkeit, es entspricht vielmehr der neuen, ihm auferlegten Stellung eine Geschwindigkeit, welche von der früheren Stellung um so weiter entfernt ist, je bedeutender die Veränderung in der Arbeit des Motors oder der Widerstände war.

Der Effect des Watt'schen Regulators ist daher nicht die Erhaltung einer constanten Geschwindigkeit, sondern nur die Einschränkung der Veränderungen der Geschwindigkeit auf gewisse Grenzen, welche um so weiter auseinanderliegen, je bedeutender der Ausschlag der Pendelarme ist, und einen je größeren Winkel die Letzteren bei ihrer mittleren Stellung einschließen. Beim gewöhnlichen Regulator kann man diese Grenzen nur dadurch verengern, daß man den Ausschlag und den Winkel in der mittleren Stellung kleiner wählt, also den Hub des Muffes von der tiefsten bis zur höchsten Stellung vermindert.

Macht man das Centrifugalpendel isochron, d. h. trifft man die Einrichtung, daß es bei allen Winkelstellungen dieselbe Geschwindigkeit besitzt, so kann man die Amplitude der Oscillationen und den Winkel der Arme in der mittleren Stellung bis zu einer gewissen Grenze vergrößern, besitzt also dann einen Apparat von einer beträchtlicheren Regulirungsfähigkeit, wenn man hierunter das Product aus der von dem Muffe auf den Hebel der Stellklappe ausgeübten Kraft in den von demselben innerhalb gewisser Geschwindigkeitsveränderungen zurückgelegten Weg versteht. Es ergiebt sich hieraus, welche Vortheile die Anwendung des Isochronismus bezüglich der Regulirung der Maschinen bietet; die Empfindlichkeit des Apparates, d. h. die Amplitude der einer gewissen Geschwindigkeitsänderung entsprechenden Bewegungen wird sehr wesentlich dadurch erhöht.

Ein absolut isochroner Regulator würde aber gar nicht stabil sein, sondern bei der geringsten Geschwindigkeitsänderung aus einer extremen Stellung in die andere übergehen, und man muß daher für die Praxis einen solchen Isochronismus vermeiden, wenn es auch vortheilhaft ist, durch Annäherung an denselben in entsprechendem Maaße die Empfindlichkeit des Regulators zu erhöhen.

Die Herstellung des Isochronismus führt indirect auch zur Beschleunigung der Regulirung; denn da bei gleicher Masse und Länge die Regulirungsfähigkeit dann eine größere ist, so ergiebt sich, daß man zur Erlangung einer gleichen Regulirungsfähigkeit die Armlänge geringer, die Geschwindigkeit also größer annehmen und bewirken kann, daß der Apparat in kürzerer Zeit den Geschwindigkeitsänderungen der Maschine folgt.

Die Foucault'sche Construction erlaubt es, daß der Watt'sche Regulator bei einem beliebigen Winkel der Kugeln vollkommen isochron, oder so weit isochron als man wünscht, gemacht und seine Empfindlichkeit und Schnelligkeit der Wirkung in beliebigem Grade erhöht wird. Ich werde im Folgenden zunächst die theoretische Begründung desselben geben und dann von den Anwendungen sprechen, welche ich unter Leitung des Erfinders davon in meinem Etablissement gemacht habe.

Nimmt man der Einfachheit wegen an, daß die Hängestangen durch die Stützstangen des Parallelogrammes in der Mitte gefaßt werden, daß also die verticalen Wege der Kugeln und diejenigen des Muffes gleich sind, und sehen wir von dem Gewichte des Muffes und überhaupt derjenigen Theile ab, welche nicht von der Centrifugalkraft in Anspruch genommen werden, so erhalten wir für die Zeit eines Umlaufes

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \text{ Secunden},$$

oder, wenn man das Gewicht P und die Masse M der Kugeln einführt,

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{lM}{P}} \text{ Secunden}.$$

Setzt man noch das Gewicht des Muffes p, so wird genauer:

$$t = \sqrt{\frac{P}{P+p}} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{lM}{P}} = 2\pi \sqrt{\frac{lM}{P+p}},$$

und bezeichnet L die Länge der Arme,

α den Winkel derselben mit der verticalen Axe,

so ergiebt sich $l = L \cos\alpha$ und

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{ML}{P+p} \cos\alpha}.$$

Da $\cos\alpha$ variabel ist, so ist auch t variabel, und um es zu einer constanten Größe zu machen, muß man $\cos\alpha$ verschwinden lassen, was dadurch zu erzielen ist, daß man im Nenner $(P+p)\cos\alpha$ für $P+p$ einsetzt, d. h., daß man das Gewicht, welches unter der Voraussetzung gleicher

Hebungen der Kugeln und des Muffes gleich der Summe der Gewichte der Kugeln und des Muffes ist, mit dem Cosinus des Winkels zwischen den Armen und der Welle variiren läßt. Dies ist aber nicht anders möglich, als daß man einen gewissen Theil dieses Gewichtes entweder mittelst einer Feder, oder mittelst eines Gegengewichtes variabel macht. Den Punkt, wo diese Variationen beginnen, oder die einem Gegengewichte von der Schwere Null entsprechende Winkellage der Arme kann man beliebig wählen.

Bezeichnet α_1 den Winkel, welchen die Arme in dieser Stellung mit der Axe einschließen, so ist die normale Umgangszeit, welche beibehalten werden soll:

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{ML}{P+p} \cos\alpha_1}.$$

Geht α_1 in α_2, folglich $L\cos\alpha_1$ in $L\cos\alpha_2$ über und soll der Werth von t sich nicht verändern, so muß $P+p$ sich in derselben Proportion ändern und es muß der ausgeglichene Theil dieses Gewichtes zu dem totalen Gewichte in demselben Verhältniß stehen, als der innerhalb der Winkellagen α_1 und α_2 vom Muffe zurückgelegte Weg zum ganzen Hube des Muffes. Es muß also mit andern Worten dem Muffe in der mittleren Stellung eine Kraft gleich Null, in der höchsten Stellung, wo $\alpha = 90^0$ wird, eine Kraft $= P+p$ und in den Zwischenstellungen eine Kraft entgegengesetzt werden, welche proportional zu den von der Mittelstellung aus zurückgelegten Wegen variirt. Sie muß positiv sein, d. h. entgegengesetzt von $P+p$, wenn sich die Kugeln über die mittlere Stellung erheben, und negativ, wenn sie darunter hinabgehen, d. h. im letzteren Falle muß sie $P+p$ vermehren.

Das sind die von Léon Foucault entdeckten Bedingungen des Isochronismus für den Watt'schen Centrifugalregulator; sehen wir nun, auf welche Weise sie sich realisiren lassen.

Erste Lösung. — Die einfachste Lösung besteht in der Anwendung eines Winkelhebels DOZ (Fig. 9 auf Taf. 13), dessen einer Arm auf den Muff den variabeln, positiven oder negativen, Zug einer am Ende des andern Armes befestigten schweren Masse Z ausübt. Die Verbindung zwischen diesen beiden Maschinenelementen, wovon das eine sich in gerader Linie, das andere im Kreisbogen bewegt, wird durch einen Stab AO hergestellt, welcher durch Charnier mit dem Ende einer Schwinge AS verbunden ist. Da bei geringen Bewegungen der Punkt A ziemlich in einer geraden Linie bleibt, so bewegt sich O in einer Verticalen und überträgt auf den Muff den durch das Ende D des Winkelhebels DOZ ausgeübten Schub in derselben Weise, als wenn der Hebelarm die constante Länge AO besäße.

Wir wollen annehmen, die Länge AO sei gleich dem ganzen Hube des Muffes zwischen seiner mittleren und seiner äußersten Stellung; am Ende des andern gleichen Armes des Hebels DOZ sei ein Gewicht $P+p$ befestigt und der Winkel der Arme ein Rechter, sodaß der Arm OZ vertical steht, wenn OD horizontal ist, und der Arm OD befinde sich in der horizontalen Lage, wenn die Kugeln in der mittleren Stellung stehen, so ist in diesem Momente diejenige Componente des Gewichtes P, welche normal zum Arme OZ ist, und folglich auch der Schub des Armes OD auf den Muff gleich Null, sobald aber der Arm OD aus der Horizontalen und der Arm OZ aus der verticalen Lage heraustritt, wirkt ein dem Sinus des durch den Arm OZ beschriebenen Winkels proportionaler Theil des Gewichtes Z in positivem oder negativem Sinne normal zu diesem Arme, je nachdem das Gewicht nach der einen oder der andern Seite ausschlägt, und wird durch den Arm OD und die Stange AO auf den Muff fortgepflanzt. Bei kleinen Winkeln ist der Sinus dieses Winkels φ der Sehne des vom Punkte Z beschriebenen Bogens, d. h. dem von dem Muffe zurückgelegten Wege OO′ gleich.

Bei dieser Anordnung wird also auf den Muff ein Schub ausgeübt, welcher dem von ihm von der Mittellage an zurückgelegten Wege proportional ist, und sie erfüllt demgemäß die Bedingung des Isochronismus innerhalb solcher Winkel φ, deren Sehne mit ihrem Sinus verwechselt werden kann.

Begreiflicherweise kann man ohne Veränderung des Resultates die Längen der Hebelarme variiren lassen, wenn man nur die Gewichte im umgekehrten Verhältniß verändert, also dieselben Momente herstellt.

Zweite Lösung. — Am Ende der Stange AO (Fig. 10, Taf. 13), welche bei der vorigen Lösung den Schub des Winkelhebels auf den Muff überträgt, und nach den verschiedenen Richtungen, welche dieser Stab in verschiedenen Lagen des Muffes annimmt, bringt Herr Foucault eine constante Kraft $P+p$ an.

Diese auf den Punkt O bezogene Kraft kann in zwei Seitenkräfte zerlegt werden, in eine Horizontale, welche keinen Schub auf den Muff ausübt, und in eine verticale, welche denselben zu heben sucht. Letztere ist im horizontalen Stande des Stabes gleich Null und erreicht bei einer Hebung oder Senkung des Muffes einen positiven oder negativen, dem Sinus des Winkels η oder dem vom Muffe durchlaufenen Wege proportionalen Werth; die Bedingungen des Isochronismus sind also erfüllt.

Die constante Kraft $P+p$, welche in der variabeln Richtung AO′ auszuüben ist, repräsentirt, wenn sie auf die constante Richtung AO projectirt wird, eine variable Kraft $(P+p)\cos\eta$, also eine Kraft, welche der Länge der Linie AO proportional ist. Es läßt sich also die Aufgabe, in einer variabeln Richtung einen constanten Schub (P+p

auszuüben, auf dem einfacheren Wege lösen, in einer constanten Richtung eine variable Kraft $(P+p) \cos\eta$ auszuüben. Hr. **Foucault** benutzt hierzu den Arm AS, welcher bei der ersten Lösung unter Concurrenz des Stabes DO nur dazu diente, die verticale Bewegung des Punktes O zu vermitteln, bei der vorliegenden Lösung aber den oberen Arm eines Winkelhebels ASK bildet, der sich um den Punkt S dreht und an seinem zweiten Arme SK ein Gegengewicht K trägt.

Die Länge des Armes AS ist willkürlich, muß aber groß genug sein, daß der vom Punkte A beschriebene Bogen mit einer geraden Linie verwechselt werden kann. Der Winkel ω zwischen dem Arm SK und der Verticalen ist dem Winkel ASO gleich, daher besitzt die normal zum Arme SK gerichtete und durch den Arm SA in die Richtung AO fortgepflanzte Componente der Kraft K den Werth $K \sin\omega$. Die kleinen Abweichungen des Winkels SAO von 90^0 sind zu schwach, um diesen Werth merklich zu ändern.

$K \sin\omega$ ist eine Kraft, welche in derselben Weise variabel ist, als die Kraft $(P+p) \cos\eta$, der sie gleich sein soll. Da nun die Winkel ω und ASO gleich sind, so ist $\cos\eta = \sin\omega$ und es variirt also die normale Componente des Gewichtes K proportional mit der Länge der Linie AO. Soll der Regulator isochron werden, so braucht man nur $K = P+p$ zu nehmen.

Ich begnüge mich hier mit diesen beiden Lösungen und behalte mir vor, später zu zeigen, wie dasselbe Resultat mit Hilfe von Federn statt der Gewichte erzielt werden kann.

Anwendungen des Foucault'schen Regulators. — Die erste Anwendung, die ich von diesem Regulator machte, betraf einen Leuchtthurm erster Ordnung. Die treibende Kraft ist ein ca. 200 Kilogr. schweres Gewicht, welches am Umfange einer Trommel von 0,3 Met. Durchmesser wirkt, und mittelst Zahnräderübersetzung einem die optischen Gläser der Laterne tragenden Wagen eine langsame und continuirliche Rotationsbewegung mittheilt.

Bei diesem Apparate kann man die treibende Kraft als constant ansehen, dagegen ist der Widerstand in Folge der Unvollkommenheiten der Verzahnung, der unegalen Abnutzung der Rollen und anderer Zufälligkeiten von wechselnder Größe, und wenn er variirt, so wird der Ueberschuß oder Mangel an Betriebskraft Ursache zu einer Beschleunigung oder Verzögerung der Bewegung. Um einer solchen entgegenzuarbeiten, muß man, da man weder direct auf die treibende Kraft, noch auf die Widerstände einwirken kann, einen supplementären und variabeln Widerstand erzeugen, welcher gegebenen Falles den Ueberschuß an Kraft verzehren, oder auch nöthigenfalls so vermindert werden kann, daß die treibende Kraft lediglich zur Verrichtung der beabsichtigten nützlichen Arbeit benutzt wird. Dieser accessorische Widerstand wird durch ein Flügelrad erzeugt, welches mit 100 Umdrehungen pro Minute rotirt und verschiedene Neigungen annehmen kann. Dasselbe steht mit den Armen eines **Watt**'schen Centrifugalregulators derartig in Verbindung, daß die Flügel sich öffnen, also der passive Widerstand wächst, wenn sich die Arme in Folge einer Vermehrung der Geschwindigkeit heben, daß sie sich aber schließen, wenn die Arme des Regulators sinken. Bei dem **Watt**'schen Regulator existirte auch der oben erwähnte Mangel an Isochronismus, verschwand aber sofort nach Annahme des **Foucault**'schen Systemes, d. h. nachdem der soeben beschriebene einfache Mechanismus der zweiten Lösung (ohne weitere Abänderungen in der Form und den allgemeinen Dispositionen) daran angebracht worden war.

Eine von der Maschine getriebene Secundenuhr, welche mit einem Chronometer verglichen wurde, gestattete die Constatirung der folgenden Resultate:

Ging die Maschine leer mit einem Triebgewicht von 80 Kilogrammen, so hat man dieses Gewicht bis zu 200 Kilogrammen steigern können, ohne eine Vermehrung der Geschwindigkeit zu bewirken. Die diesen Gewichten entsprechende Zunahme des Winkels der Arme betrug etwa 25^0 und dieselbe würde bei einem nicht isochron gemachten Regulator eine Vermehrung der Geschwindigkeit um $\frac{1}{6}$ zur Folge gehabt haben. Als die Maschine das Leuchtfeuer drehte und das Triebgewicht 200 Kilogramme betrug, rückte man plötzlich Ersteres aus, ohne das Gewicht zu verändern, und es hoben sich die Arme der Schwungkugeln sofort um 25^0, ohne daß die geringste Aenderung in der Geschwindigkeit wahrzunehmen gewesen wäre. Die Maschine hat bei mehrstündigen Beobachtungen in leerem, wie in belastetem Zustande dieselbe Regelmäßigkeit des Ganges gezeigt, wie eine gewöhnliche Uhr.

Das Moment des zur Herstellung des Isochronismus erforderlichen Gegengewichtes läßt sich berechnen, doch wird man für die Praxis bequemer und richtiger die genaue Stellung durch Probiren bestimmen. Ist dieselbe einmal gefunden, so gelangt man, wenn man sie überschreitet, zu dem eigenthümlichen Resultate, daß sich die Art der Geschwindigkeitsänderung umkehrt, d. h. daß die Geschwindigkeit abnimmt, wenn sich die Kugeln heben, und daß also durch Vermehrung des Triebgewichtes ein langsamerer Gang anstatt eines beschleunigten erzielt wird. Auch dieses nach der Theorie zu erwartende Resultat ist durch die Erfahrung vollkommen bestätigt worden.

Der gute Erfolg dieser ersten Anwendung der **Foucault**'schen Einrichtung hat mich bewogen, sofort eine zweite Anwendung bei der 16pferdigen Dampfmaschine der einen meiner Werkstätten zu machen. Die von dieser Maschine zu verrichtende Arbeit ist häufigen und oft sehr plötzlichen Schwankungen unterworfen, weshalb auch der daran angebrachte **Watt**'sche Regulator ein häufiges Durchgehen

der Maschine nicht zu verhüten im Stande war. Ueberdies war in Folge von Localverhältnissen die Drosselklappe und der Regulator, welcher sie stellte, nicht anders als bei 6 Meter Entfernung von der Maschine auf der Dampfrohrleitung anzubringen; aber trotz dieser Schwierigkeiten hat Herr Foucault kein Bedenken getragen, die Dimensionen aller Theile des Regulators so schwach, wie es für die Praxis kaum zweckmäßig sein dürfte, anzunehmen, was wieder in schlagendster Weise die charakteristischen Vorzüge des fraglichen Apparates hervortreten läßt. Das Gewicht jeder Kugel beträgt nämlich 800 Gramme, die Länge der Stangen 0,2 Meter, die Umgangszahl 120 in der Minute, das ganze Gewicht des Regulators sammt Kugeln und Muff nur 5 Kilogramme, während der alte Regulator 45 Kilogramme wog.

Ein Secundenzähler, welcher vom Regulator getrieben und mit einem Chronometer-Apparate verglichen wurde, ließ folgende Resultate constatiren.

Der Regulator ist ziemlich isochron; ohne im Stande zu sein, genau anzugeben, innerhalb welcher Grenzen seine Geschwindigkeitsänderungen schwanken, haben wir verschiedene Male beobachtet, daß er eine halbe Stunde lang die Secunde einhielt. Seine Empfindlichkeit und die Schnelligkeit, mit der er sich stellt, ist so groß, daß man sämmtliche von der Maschine getriebene Arbeitsmaschinen plötzlich ausrücken kann, ohne eine merkliche Geschwindigkeitsvermehrung wahrzunehmen.

Es hat etwas Staunenerregendes, wenn man eine Dampfmaschine durch eine unbedeutende Abänderung des Schwungkugelregulators zu einem chronometrischen Apparate werden sieht, und ich habe nicht nöthig, die Wichtigkeit des neuen Dienstes, welchen Herr Léon Foucault durch Ableitung so merkwürdiger Folgerungen aus einer mathematischen Formel und durch Erfindung einer streng richtigen, einfachen und praktisch anwendbaren Lösung eines Problemes von höchster Wichtigkeit der Industrie geleistet hat, hier weitläufig hervorzuheben.

(Mémoires et Compte rendu des travaux de la société des Ingenieurs Civils, 2. sér., 17. ann., 1 cah.)

Ueber Türck's verbesserten Giffard'schen Injector.

Von

H. Gagg, Maschineningenieur zu Yverdon in der Schweiz.

(Hierzu Fig. 5 bis 7 auf Tafel 21.)

Im V. Bande des „Civilingenieur" befindet sich die Beschreibung des ursprünglichen, von Giffard erfundenen und von G. Flaud ausgeführten Injectors. Wir haben s. Z. auf der schweizerischen Westbahn mehrere dieser direct von Flaud bezogenen Apparate auf Locomotiven und bei feststehenden Dampfmaschinen angewendet und gefunden, daß diese Speisevorrichtung, wenigstens in dieser Form, sehr unzuverlässig functionirt. Später bezogen wir von J. F. Cail & Comp. in Paris verbesserte Injectoren nach Delpech's System, welche ausgezeichnet gut arbeiten und nur den Fehler haben, daß sie sehr complicirt sind und in Folge dessen noch ziemlich hoch im Preise stehen. Neulich bezogen wir nun von Parent, Shaken, Caillet & Comp. in Givors (Rhône) mehrere Injectoren nach dem von Herrn Türck, Ingénieur der französischen Westbahn, verbesserten System, welches der Beachtung aller Ingenieurs in hohem Grade würdig ist.

Um die Art und Weise, den Zweck und die Wichtigkeit der von Herrn Türck angebrachten Verbesserungen beurtheilen zu können, so sollen im Nachfolgenden zuerst die Fehler und Unvollkommenheiten des ursprünglichen Apparates beleuchtet werden.

Es ist Jedermann bekannt, daß bei dem Giffard'schen Injector der Dampf aus dem Kessel durch ein Zuleitungsrohr vermittelst mehrerer Oeffnungen in einen hohlen Cylinder gelangt, dessen conische Spitze durch einen Pfropfen geschlossen werden kann. Dieser Cylinder geht durch eine zwischen der Dampf- und der Wassereinströmung befindliche Verpackung, welche sehr schwierig gehörig dicht zu machen und unmöglich während längerer Zeit dicht zu erhalten ist, da sie sich im Innern des Apparates befindet. Ist die Verpackung aus vegetabilischen Stoffen angefertigt, so verbrennt sie sehr bald durch die hohe Temperatur des Dampfes, besonders bei Locomotiven; ist dieselbe aus Metallringen

hergestellt, so ist sie nicht viel besser, theils wegen der Schwierigkeit, dieselbe accurat anzufertigen, theils wegen der Orydation, Abnutzung und ungleichen Dilatation der metallischen Bestandtheile derselben. In beiden Fällen hat man also bald Undichtheiten, welche dem Dampf gestatten, in den Wasserraum überzutreten und damit die Functionen des Apparates zu beeinträchtigen, oder selbst ganz aufzuheben. Die Wichtigkeit und Menge der Uebelstände, welche in diesem unvollkommenen Verschluß ihre Ursache haben, waren schon bei vielfachen Anwendungen beobachtet worden und haben zahlreiche Versuche veranlaßt, um Abhilfe zu finden. Diese Versuche sind nun mehr oder weniger glücklich ausgefallen.

Bei den Injectoren der Dampfkesselgarniturfabrik von Philippson in Berlin befindet sich z. B. die Dampfeinströmung an dem hohlen Cylinder selbst und muß sich sozusagen mit demselben bewegen, was kein geringer Uebelstand ist. Bei den Injectoren nach dem System von Delpech ist der bewegliche hohle Cylinder ganz weggelassen und nur dessen convergirende Spitze fest eingeschaltet zwischen die Flanschen der Dampf- und der Wassereinströmung, wogegen sich das conoidische Mundstück bewegt, indem es sich der convergirenden Spitze mehr oder weniger nähert, um den Wasserzufluß zu reguliren. Bei beiden Systemen sind aber noch Verpackungen nöthig und ferner haben beide noch einen Fehler, der meines Wissens noch nie beseitigt wurde, und der hier näher besprochen werden soll.

Es ist bekannt, daß es um so schwieriger ist, das Wasser anzusaugen, je wärmer dasselbe ist, sei der Apparat construirt, wie er wolle. Sowie sich nämlich ein luftverdünnter Raum gebildet hat, so bewirkt sowohl der geringe Luftdruck, als auch die hohe Temperatur des Speisewassers eine spontane Dampfbildung, welche um so schneller den luftverdünnten Raum aufhebt, je höher die Temperatur ist.

Nun aber befindet sich in den gewöhnlichen Injectoren das angesaugte Wasser in unmittelbarer Berührung mit der durch den durchströmenden Dampf erhitzten convergirenden Spitze des hohlen Cylinders, erwärmt sich und bildet Dampf, welcher den soeben gebildeten luftverdünnten Raum erfüllt; die Ansaugung ist also unvollständig und deswegen ist es unmöglich, den Apparat in Gang zu setzen, besonders wenn die Saughöhe sich der Grenze nähert, bei welcher der Injector nur eben noch functioniren kann, falls man nicht, was aber selten möglich ist, die Saughöhe vermindern kann. In vielen Fällen besitzt das Saugwasser schon eine hohe Temperatur, z. B. bei Locomotiven, wenn dasselbe im Tender vorgewärmt wurde, oder bei feststehenden Dampfmaschinen, wo mit Condensationswasser gespeist wird. Dann ist die spontane Dampfentwickelung noch viel bedeutender und vergrößert den Uebelstand; man sieht sich daher genöthigt, die Saughöhe noch mehr zu vermindern, oder das Wasser abzukühlen, was man aber wegen der Brennmaterialersparniß zu vermeiden sucht.

Eine andere Folge dieser Berührung des Saugwassers mit der convergirenden Spitze besteht in der Condensation des Dampfes, der durch dieselbe streicht; diese Wirkung ist besonders bemerklich bei Ingangsetzung des Apparates, denn in diesem Augenblicke hat die durch das Zurückschrauben des Dornes gebildete ringförmige Oeffnung kaum $1/2$ Millimeter Weite in radialer Richtung. Man begreift also, daß bei der Berührung des Wassers mit der convergirenden Spitze ein bedeutender Theil des durchstreichenden Dampfes condensirt und auf diese Weise also bei schwachem Dampfdruck die angefangene Ansaugung plötzlich unterbrochen wird.

Diese Folge der Berührung des Saugwassers mit der convergirenden Spitze übt ihren schlimmen Einfluß nicht allein bei Ingangsetzung des Injectors, sondern auch auf seine Wirksamkeit bei vollem Gange aus. Wenn der Injector im Gange ist, so ist der Dorn ganz zurückgezogen und der Dampf tritt aus der ganz geöffneten Mündung. In diesem Falle findet die Erwärmung des Wassers an der convergirenden Spitze und die Condensation des Dampfes in derselben ebenfalls statt, jedoch verhältnißmäßig in geringerem Maaße als im Augenblicke der Ansaugung. Die auf diese Weise condensirte Dampfmenge muß für die Wirkung des Injectors in Bezug auf die Bewegungskraft, die sie besaß und nun nicht mehr auf das Wasser ausüben kann, als verloren betrachtet werden. Es findet also ein Kraftverlust und folglich eine Kraftverminderung des Injectors statt, d. h. eine geringere Wirkung im Verhältniß zu seinen Dimensionen. Diesem Uebelstande wäre leicht dadurch abzuhelfen, daß man dem Injector größere Dimensionen gäbe, um die verlangte Speisung zu erhalten; wichtiger ist aber die Schwierigkeit, das dadurch bedingte Wasserquantum beliebig zu verändern. Ist nämlich der Apparat im Gang, so muß man, um die Speisung zu verändern, das Wasserquantum vermehren oder vermindern. Geschieht Ersteres, so wird sich in der convergirenden Spitze noch mehr Dampf condensiren, es wird also nicht mehr genug Dampf durchströmen, um den Ueberschuß an Flüssigkeit mitzureißen, und der Injector wird unter Wasserauswurf außer Gang kommen. Wird dagegen das Wasserquantum vermindert, so wird die Verdampfung in Folge der Berührung eines kleineren Volumens Wasser an der heißen convergirenden Spitze stärker und der Apparat wird unter Ausströmen von Dampf zu functioniren aufhören. Ist der Injector in gutem Zustande, so kann man, jedoch nur bei hohem Dampfdrucke, die Speisung um 70 bis 80 Procent verändern, wenn man nur den Wasserzutritt regulirt; regulirt man aber Dampf und Wasser zugleich, was nur nach mehrfachem, in den meisten Fällen unanwendbarem Probiren gelingt, so kann man die Speisung ungefähr um

50 Procent verändern. Findet aber in der Verpackung die geringste Undichtheit statt, so ist das Saugen nicht nur sehr schwierig zu erhalten, sondern es wird auch sehr schwierig, das Wasser derart zu reguliren, daß der Injector keines verlieren läßt, und es ist unmöglich, die Speisung zu verändern; die geringsten Veränderungen des Dampfdruckes oder anderer Bedingungen, unter denen der Injector functionirt, führen Außergangsetzung herbei. Dies ist der Grund aller Stockungen, aller Capricen, die man während des Ganges der gewöhnlichen Injectoren beobachtet hat, und demnach des Widerwillens, den dieselben noch hie und da erfahren.

Auf Tafel 21 ist Fig. 5 die äußere Ansicht, Fig. 6 der verticale Durchschnitt und Fig. 7 ein horizontaler Schnitt eines verbesserten Türck'schen Injectors nach AB. Die Zeichnung ist in 1/5 der wahren Größe angefertigt und nach einem unserer Injectoren aufgenommen.

Betrachtet man nun Fig. 6, so wird man bemerken, daß der Wasserregulator A unabhängig von der Düse B sich äußerlich über derselben bewegt; dieser Regulator befindet sich vollständig in der Wasserkammer C, so daß er ohne Berührung mit dem Dampfe sich in einem Raume bewegt, in welchem beziehungsweise kein Druck stattfindet, und welcher also auch keinen Dampf- oder Lufteintritt gestattet. Die Düse B bildet sozusagen nur das Ende des Dampfrohres E und steht mit demselben, sowie mit der äußeren Umhüllung J durch Flanschen in Verbindung. Auf diese Weise ist der Dampf völlig vom Wasser abgeschlossen und ohne Communication mit der Wasserkammer, außer durch die Mündung der Düse, wenn man den Dorn G zurückschraubt, um den Injector in Gang zu setzen. Der Wasserregulator ist so geformt, daß zwischen ihm und dem Mundstücke ein leerer Raum entsteht, um zu verhindern, daß das Saugwasser sich an der Düse erwärmen und einen Theil des darin befindlichen Dampfes condensiren könne. Diese Anordnung beseitigt die oben erwähnten Uebelstände vollständig und hat einen sehr großen Einfluß auf die Saughöhe des Wassers und dessen Temperatur, auf die Druckgrenzen, innerhalb welcher der Injector functioniren kann, auf die Quantität, um welche man die Speisung variiren lassen kann, endlich auf die Leichtigkeit der Ingangsetzung und auf die Schnelligkeit und Unfehlbarkeit seiner Arbeit.

Seitlich befindet sich ein Getriebe H, das auf die am Wasserregulator befindliche Zahnstange wirkt, um denselben zu bewegen und seine Spitze dem conoidischen Mundstücke D zu nähern, oder sie davon zu entfernen und so die Saugöffnung in das richtige Verhältniß mit dem Dampfdrucke zu bringen, bei welchem der Injector functioniren soll. Auf der Axe des Getriebes befindet sich ein Hebel K; dieser Hebel trägt einen Kreisbogen, auf welchem Einschnitte gemacht sind, die die Oeffnung angeben, welche für jeden Dampfdruck bestimmt ist; eine Feder L schlägt in die Einschnitte, um den Hebel festzuhalten. Die Behandlung dieses Injectors ist ganz dieselbe, wie die des ursprünglichen, nur hat man auf dem Kreisbogen die nöthigen Anhaltspunkte, welche mit den Angaben des Manometers übereinstimmen und so alles Probiren überflüssig machen.

Ein solcher Injector kostet ungefähr 200 Francs, die Patentgebühren nicht inbegriffen, und ist also bedeutend billiger, als die bisherigen Apparate.

Zusatz der Redaction. — Nach den Annales des Mines, 6. série, tome IV, 6. livr. de 1863, worin sich eine mit der obigen ganz übereinstimmende Beschreibung des Türck'schen Injectors findet, sind am Schlusse noch folgende nähere Angaben über seine Leistung mitgetheilt.

Ein Injector mit 6 Millimeter Oeffnungsweite giebt ungefähr doppelt so viel Speisewasser, als für die das meiste Speisewasser bedürfenden Güterzugmaschinen erforderlich ist. Von einer dieser Maschinen, welche auf einer großen Eisenbahnlinie mit starken Steigungen und Curven im Dienst ist, wurden nachstehende Beobachtungen verzeichnet.

Leistungsfähigkeit
nach
Versuchen mit der Güterzugmaschine Nr. 635 auf der Westbahn.

Absoluter Druck in Atmosphären. a.	Saugen. Höhe in Metern. b.	Saugen. Wärme in Centigraden. c.	Speisewasserquantum in Litern pro Min. und pro Quad.-Millimet. des kleinen Durchmessers des divergir. Rohres. Maximum. d.	Mittleres bei Stellung des Wasserzutritts in Proc. von d.	Minimum bei Stellung des Wasser- u. Dampfzutrittes in Procenten von d.
1,25	0,10	15	0,874	—	—
1,50	0,40	15	0,944	—	—
2,00	0,60	15	1,048	—	—
3,00	0,60	17	1,071	72	53
5,00	0,60	17	1,625	73	55
7,00	0,70	17	1,786	66	40
9,00	0,75	17	2,144	44	25

Versuche über die zulässige Saughöhe bei einer stehenden Maschine in Batignolles.

Absoluter Druck in Atmosphären. a.	Saugen. Höhe in Metern. b.	Saugen. Wärme in Centigraden. c.	Speisewasserquantum in Litern pro Min. und pro Quad.-Millimet. des kleinen Durchmessers des divergir. Rohres. Maximum. d.	Mittleres bei Stellung des Wasserzutritts in Proc. von d.	Minimum bei Stellung des Wasser- u. Dampfzutrittes in Procenten von d.
1,25	0,10	15	—	—	—
1,50	0,40	15	—	—	—
2,00	0,90	15	—	—	—
3,00	1,50	15	—	—	—
3,50	2,00	15	—	—	—
5,00	1,50	50	—	—	—

Entfernung von Batignolles nach Chartres 93 Kilom.
Niveaudifferenz zu Lartoire . . . + 140 Meter.
„ „ Chartres . . . + 102 „.
Gewicht des Zuges . . . . 340 Tonnen.
Durchmesser der Dampfkolben . . . 0,44 Meter
Hub „ „ . . . 0,60 „
Durchmesser der Räder . . . . . . 1,40 „
Dauer der ganzen Fahrt . . . . . 350 Minuten.
Dauer der Fahrt nach Abzug des Aufenthaltes . . . . 280 „

Dauer der Zeit des Speisens . . . 154 Minuten.
Querschnitt des Injectors . . . . . 28,6 Qu.-Mill.
Leistung des Speisens bei 7 Atmosphären 1,786 Liter.
Gelieferte Speisewassermenge in 154 Minuten = 28,6 . 1,786 . 154 . . . 10854 „
Speisewassermenge pro Kilometer . . 116 „

Die ganze Speisezeit von 164 Minuten zerfällt in 19 kürzere Perioden, wovon sieben 13, zwölf 7, vier 5, zwei 3 und eine nur 2 Minuten andauerte.

Beschreibung der beiden hauptsächlichsten Vermessungsinstrumente aus der mechanischen Werkstätte des Majors Porro in Mailand.

(Hierzu Tafel 22.)

Nivellirinstrument.

Die hauptsächlichste Bedingung für die Genauigkeit der Arbeiten mit einem Luftblasenniveau ist der Parallelismus der Visirlinie mit der Axe der Libelle. Damit aber dieser Parallelismus vorhanden sei, muß folgenden Bedingungen genügt werden:

1. Die optische Axe des Fernrohres muß genau parallel zur Axe der Libelle sein;
2. die Visirlinie muß mit der Axe des Fernrohres zusammenfallen.

Daher muß man von den gewöhnlichen Nivellirinstrumenten verlangen:

1. Daß die Stützen, in welchen das Fernrohr liegt, von genau gleicher Höhe seien,
2. daß bei einem um seine Axe drehbaren Fernrohre die Ringe, mit denen es aufliegt, gleiche Durchmesser haben,
3. daß das Rohr des Fernrohrs und die andern metallischen Theile desselben stark genug seien, um sich nicht in der Richtung der Schwere durchbiegen zu können, und daß der Mittelpunkt der Linsen unveränderlich in der Axe des Fernrohres bleibe,
4. daß der Anfangspunkt der Visirlinie, d. h. der Durchschnittspunkt zwischen dem horizontalen und verticalen Faden des Fadenkreuzes in der optischen Axe des Fernrohrs liege.

So geschickt nun auch der Mechaniker sein mag, so kann er doch diese Bedingungen, deren Erfüllung übrigens noch immer nicht gegen den Einfluß der Schwere, der Temperaturwechsel, der Abnutzung und anderer Ursachen

des Unrichtigwerdens schützt, nicht völlig genügen. Man ist daher genöthigt, an Stelle einer vollkommenen Genauigkeit in der Ausführung Hilfsmittel zu substituiren, mittelst deren man die von der Ungenauigkeit der Ausführung abhängigen Fehler erkennen und corrigiren kann, nämlich die sogenannten Justirungs-Methoden und Mechanismen.

Die Excentricität des horizontalen Fadens erkennt man durch Drehen des Fernrohres um seine Axe um einen halben Umkreis; die Ungleichheit der Stützen durch Ausheben des Fernrohres und Verwechseln der Stützen, nachdem man das Instrument um seine verticale Axe um 180° gedreht hat; Schräubchen setzen den Nivellirenden in Stand, sowohl den horizontalen Faden, als die Ungleichheit der Stützen zu corrigiren.

Bei den Instrumenten mit abhebbaren und auf dem Fernrohre stehenden Libellen läßt sich die Ungleichheit der Auflagerungsringe des Fernrohres dadurch erkennen, daß man Letzteres um seine Axe dreht, ohne an der Libelle oder den Stützen etwas zu verändern, es giebt aber keine Vorrichtung zur Correction dieses Fehlers.

Die von der Einbiegung der metallischen Theile oder von der Beweglichkeit der Linsen in ihren Kapseln (veranlaßt durch ungleiche Ausdehnung des Glases und des Metalles) herrührenden Fehler können auf keine Weise erkannt und noch weniger gehoben werden. Die Correction der erkannten Fehler ist übrigens stets unsicher, da sie von mechanischen Hilfsmitteln abhängt, deren Effect leicht alterirt wird, und hieraus ergiebt sich die Nothwendigkeit häufiger Justirungen. Die Correctionsschrauben sind außerdem ein Zuwachs an einzelnen Theilen und machen die Instrumente nur complicirter und leichter zerstörbar.

Die Construction des kathyalischen*) Nivellirinstrumentes beseitigt absolut alle derartigen Rectificationen, indem dabei der Parallelismus zwischen der Visirlinie und der Axe der Libelle von einem Reflexionsphänomen, also blos von einer Bedingung bezüglich der Stellung der Luftblase zum Spiegel abhängig gemacht ist, welcher der Optiker streng genügen kann und genügen muß.

Das optische Princip des kathyalischen Instrumentes ist folgendes. Wenn ein Lichtstrahl eine spiegelnde Ebene in normaler Richtung dazu trifft, so wird er in derselben Richtung davon reflectirt; wenn er sie unter einem gewissen Winkel trifft, so wird er unter einem dem Incidenzwinkel gleichen Winkel reflectirt, aber die Ebene der beiden Strahlen steht stets normal zur Spiegelebene. Dieses Prinzip ist nun bei genanntem Instrumente in folgender Weise in Anwendung gebracht. (Fig. 1, Taf. 22.)

Ein Lichtstrahl, welcher mittelst eines kleinen in die Ocularröhre bei O eingesetzten Spiegels nach einem Punkte des horizontalen Fadens des Fadenkreuzes geworfen wird, fällt auf eine vor dem Objectiv aufgestellte Glasscheibe mn, welche vermöge ihrer Durchsichtigkeit den Visirstrahl nicht aufhält, aber als Spiegel wirkt. Der vom Fadenkreuz ausgehende Lichtstrahl wird von der Glasscheibe reflectirt und erzeugt im Gesichtsfelde ein leuchtendes Bild, welches von dem Bilde des horizontalen Fadens durchschnitten wird. Wenn sich das Bild dieses Fadens mit dem horizontalen Faden des Fadenkreuzes deckt, so fällt die Ebene des einfallenden und reflectirten Strahles mit der durch den optischen Mittelpunkt des Objectivs und den horizontalen Faden gehenden Ebene zusammen und es ist somit sicher, daß die letztere Ebene normal zur Glasscheibe mn steht. Diese Scheibe ist aber an dem Ende der Röhre der Libelle st in der Art befestigt, daß sie mit der Axe der Libelle einen rechten Winkel bildet, sodaß die durch den optischen Mittelpunkt des Objectivs und den horizontalen Faden gedachte Ebene parallel zur Axe der Libelle wird, wenn sie rechtwinklig auf der Glasscheibe steht, und also eine horizontale Ebene sein muß, wenn die Luftblase einspielt.

Ist das Instrument aufgestellt, so beobachtet man im Fernrohre, ob der Faden des reflectirten Bildes mit dem horizontalen Faden des Fadenkreuzes zusammenfällt; ist dies nicht der Fall, so bewirkt man dasselbe durch die Schrauben pp, welche den Spiegel in geeigneter Weise verstellen, indem sie an der denselben tragenden Röhre der Libelle angreifen. Ist auf diese Weise der Parallelismus zwischen der Axe der Röhrenlibelle und der durch den horizontalen Faden und den optischen Mittelpunkt des Objectivs gehenden Ebene hergestellt, so wird die Luftblase mittelst der Schraube q zum Einspielen gebracht, wobei sich das ganze Instrument um den Zapfen r dreht.

Bezüglich der Details des kathyalischen Nivellirinstrumentes ist noch Folgendes zu bemerken. Das Fernrohr hat 60fache Vergrößerung und ist mit einem Mikrometer mit drei horizontalen Fäden zum Behuf der Distanzmessung versehen. Letzterer Zweck würde wegen der Veränderlichkeit des mikrometrischen Winkels, welche aus der Nothwendigkeit der Verlängerung oder Verkürzung des Abstandes des Oculars vom Brennpunkte für verschiedene Augen und verschiedene Entfernungen des Objectes hervorgeht, gänzlich unerreichbar sein, wollte man gewöhnliche Oculare anwenden; die erforderliche Genauigkeit ist aber zu erreichen, wenn man sich eines anallattischen*) Fernrohres bedient, bei welchem der mikrometrische Winkel nicht mehr variabel ist.**) Dieser Winkel ist so gewählt, daß der Sinus der Hälfte gleich 0,01 ist, sodaß die ihn einschließenden Visir-

*) κατά gegen, ὕαλος Glas.

*) ἀ privativum, ἀλλάττω verändern.

**) Es ist wohl das Ramsden'sche Ocular verstanden. D. Red.

linien auf der Latte 2 Centimeter Abstand pro Meter Entfernung der Latte umfassen, und sich also aus der Ablesung direct, ohne weitere Division, die Abstände in Metern und die Niveaudifferenzen in Centimetern ergeben, wenn die Eintheilung der Latte nach doppelten Centimetern gemacht ist.

Bei der Construction des Stativs ist besonders darauf Bedacht genommen, daß die annähernde Horizontalstellung rasch erzielt wird. Es besteht aus zwei nach jeder Richtung hin aufeinander drehbaren Theilen, wovon der eine A an den Beinen befestigt und sphärisch ausgehöhlt ist, während der obere Theil B, welcher mittelst Flügelschrauben mit dem Gehäuse abcd des Instrumentes verbunden ist, eine genau in die Aushöhlung des anderen Theiles passende sphärische Nuß trägt. Im Mittel der Letzteren ist ein Pendel P befestigt, welches durch die halbkugelförmige Schale des Unterstückes hindurchgeht und zwischen den Beinen des Statives frei spielen kann. Dasselbe stellt das Instrument vorläufig horizontal ein und, wenn dies geschehen ist, so wird durch Anziehen der Schraube S an der Nuß jeder weiteren Verstellung vorgebeugt. Das hölzerne Gehäuse abcd, welches fortwährend das Instrument umschließt und es gegen die zu raschen Aenderungen der Temperatur schützt, ist dergestalt mit dem Stativ verbunden, daß der Feldmesser das Instrument vom Stativ abheben kann und beim Weitertransport nicht dem Gehilfen (welcher blos das Stativ trägt) zu überlassen braucht.

Ein bewegliches Spiegelchen fg dient dazu, um die Luftblase durch Löcher, welche in dem Gehäuse auf entgegengesetzten Seiten angebracht sind, von unten nach oben sehend beobachten zu können. Zwei hohle Röhren kk, welche zur Versteifung des Instrumentes bestimmt sind, dienen außerdem, da sie mit Visiren zum Abgeben von Linien parallel zur Axe des Fernrohrs versehen sind, zum Aufsuchen des Objectes und erleichtern das Richten des Instrumentes. r ist der Zapfen, um welchen das Rohr bei der Horizontalstellung mittelst der Schraube q gedreht wird, l die Schraube zur Einstellung des Oculars behufs des genaueren Sehens des Objectes. Drückt man gleichzeitig auf die Feder u, so bringt die Schraube l die Fäden in die deutliche Sehweite.

Winkelmeßinstrumente.

Unter allen Instrumenten zum Messen von Winkeln ist das vollkommenste der Theodolit und doch wird derselbe andrerseits am wenigsten gern zu den gewöhnlichen Arbeiten des Geodäten verwendet, theils wegen seiner Größe, theils wegen der Feinheit seines Baues. Uebrigens verlangt er, ebenso wie die Nivellirinstrumente, die Anwendung von Justirungs- und Correctionsmitteln wegen der nicht zu beseitigenden Fehler in der Ausführung und unterliegt auch demselben Mangel, daß diese Mittel nicht vollkommen genügen und doch die Complicirtheit des Instrumentes und seines Gebrauches erhöhen.

Einen Theodoliten von bequemerer Größe und einfacherer Construction, der aber zugleich größere Genauigkeit des Arbeitens gestattete und doch keine Correctionsschrauben bedürfte, anzugeben, das war der mit dem Klepscyclus*) beabsichtigte Zweck. Zu Erreichung desselben trugen bei: die Verbesserungen an den Theilmaschinen und Theilmethoden, welche es möglich machten, an Kreisen von kleinem Durchmesser bei gleicher Genauigkeit eine eben so feine Theilung anzubringen, als jetzt bei den gewöhnlichen Größen, ferner die Anwendung der Optik zur Rectificirung der arbeitenden Maschinen, wodurch die genaue Erfüllung der Constructionsbedingungen ermöglicht und somit die Nothwendigkeit der Anbringung von Correctionsschrauben an dem Instrumente beseitigt wurde, sowie die Ersetzung der Menschenhand durch automatische Bewegung, sowohl bei der Theilung der Kreise, als beim Abdrehen, wodurch nicht nur die Güte der Arbeit von der Geschicklichkeit und dem Fleiße der Mechaniker unabhängig gemacht, sondern auch der Gestehungspreis und die Schnelligkeit der Arbeit wesentlich herabgezogen wurde.

Dieser Theodolit mit verdeckten Kreisen genügt den Ansprüchen an Handlichkeit und Einfachheit in solchem Grade, daß er zu jeder Arbeit des Ingenieurs bequem genug ist. Seine in einen Cubus von Bronze eingeschlossenen Kreise haben nur 63 Millimeter Durchmesser; seine delicateren Theile sind auf die vorsorglichste Weise vor Beschädigungen durch Stöße und Witterungseinflüsse geschützt; das ganze eingepackte Instrument sammt Stativ nimmt kein größeres Volumen ein, als 75 Centimeter Länge, 30 Cent. Breite und 8 Cent. Höhe, sodaß man es wie ein großes Buch unter dem Arme tragen kann. (Fig. 4 auf Taf. 22.)

Weitere Eigenthümlichkeiten des Klepscyclus sind: der Distanzmesser, die Unveränderlichkeit des mikrometrischen Winkels oder das anallattische Fernrohr, die Stärke des Fernrohres, welches das Ablesen bei 1000 Meter Entfernung gestattet, die Anwendung von Mikroskopen mit starker Vergrößerung an Stelle der Nonien bei der Schätzung der Winkel, die Anwendung des parallelen Mikrometers zur Schätzung der Tausendtheile eines Grades, die Anwendung einer aufgehangenen Magnetnadel zur Orientirung, die optischen Methoden zur Prüfung des Instrumentes auf die vorgeschriebene Genauigkeit bis zu ein Hunderttheil Grad, endlich die Methoden zur genauen Bestimmung der Größe etwa noch vorhandener Fehler, welche noch nicht $1/_{100}$ Grad betragen können. Alle diese Eigenthümlichkeiten machen diesen Theodoliten zu den genauesten Arbeiten geeignet, ohne

*) κλέπτω ich verberge, κύκλος der Kreis.

ihm etwas von seiner Handlichkeit und Bequemlichkeit zu den gewöhnlichen Arbeiten des Ingenieurs zu nehmen.

Eine nähere Beschreibung wird dies darthun.

Das anallattische und mit Distanzmesser versehene Fernrohr hat 50 Cent. Brennweite, 6 Cent. Apertur des Objectivs und 100fache Vergrößerung.*) Es ist mit einem aus 17 horizontalen und einem verticalen Faden bestehenden Distanzmesser versehen, dessen Fäden in Bezug zu dem mittelsten horizontalen Faden derartig vertheilt sind, daß sich folgende vier Parallaxen der Visirlinien oder mikrometrische Winkel ergeben, nämlich: $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{10}$, und daß die Länge der Latte, welche 4 Meter beträgt, für jede beliebige Entfernung bis zu 1000 Metern ausreichend ist. Der den beiden äußersten, am meisten vom mittleren Faden abstehenden Fäden entsprechende mikrometrische Winkel faßt pro Meter Abstand 4 Centimeter Länge an der Latte zwischen sich und umfaßt daher bei 100 Meter Entfernung die ganze Lattenlänge, sodaß man für größere Distanzen andere Latten brauchen würde, wenn das Instrument nicht noch andere kleinere mikrometrische Winkel gestattete. Um durch mehrfaches Ablesen an der Latte eine leichte und sichere Probe für die Resultate zu erhalten, sind für jeden mikrometrischen Winkel mehrere Fäden angebracht worden.

Das Ocular 1 (Fig. 3, Taf. 22) ist ein vielfaches, d. h. mit mehreren Aperturen versehen und drehbar, wodurch es möglich gemacht wird, gerade diejenigen Fäden zu fixiren, welche man anwenden will. Neben diesem sieht man auf der einen Seite das Ocular 2, das sogenannte Such-Ocular, welches dazu bestimmt ist, leichter das Ziel zu finden, auf der andern Seite den Knopf, mit welchem man die Fäden einstellt.

3 ist eine Schraube zur Einstellung der Ocularröhre,

4 eine Schraube für die feinere Stellung des Fernrohres in der verticalen Ebene,

5 eine Oeffnung in der Richtung der Drehungsaxe rs des Fernrohres, welche zur Prüfung der Genauigkeit der Construction dient,

6 eine Fassung von Metall, an welcher das Rohr des Fernrohrs befestigt ist, und welche anschließt an

b den Cubus mit den getheilten Kreisen.

Dieser Cubus ist sowie die darunterstehende Säule um die verticale Axe pq des Instrumentes beweglich.

7 ist die Stelle, wo sich der mit dem Fernrohr verbundene Verticalkreis befindet,

8 die Stelle des Horizontalkreises, der an der Säule mit der Axe pq befestigt ist,

9 drei Oculare, wovon die beiden an der Seite befindlichen aus zusammengesetzten Mikroskopen bestehen und zur Beobachtung der beiden getheilten Kreise dienen. Die doppelte Ablesung gewährt eine Controlle für die Genauigkeit.

Die getheilten Kreise sind von Metall, mit Centesimaltheilung in 400 Grade und Unterabtheilung in zehntel Grade versehen. Mit den Mikroskopen liest man die Zehntel und schätzt man die Hundertel der Grade, was für gewöhnlich ausreicht. Zur Bestimmung der Tausendtel dient der mit

10 bezeichnete Knopf, mittelst dessen im Innern der Mikroskope ein scheinbares Hinauf- oder Hinabschieben des horizontalen Fadens des Fadenkreuzes auf der Theilung der Kreise bewirkt wird, um eine Deckung mit dem nächsten Theilstriche zu erreichen; die Größe, um welche der Faden verschoben werden muß, ist der gesuchte Bruchtheil und ein Inder, welcher die innere Verschiebung begleitet, und welcher hinter dem Knopfe zu sehen ist, giebt diesen Bruchtheil auf einer graduirten Skala in Tausendteln an. Diese scheinbare Bewegung des horizontalen Kreuzfadens über der Theilung der Kreise ist die Folge einer Refractionserscheinung mittelst eines kleinen Spiegelchens mit ebenen und parallelen Flächen von bestimmter Stärke, welches man Parallel- oder Transport-Mikrometer nennt.

Das mittelste Ocular zwischen den beiden Mikroskopen dient zur Prüfung der Genauigkeit der Arbeit des Mechanikus und zum Ablesen der Größe der Fehler, womit jede Beobachtung in Folge der etwa noch vorhandenen Unvollkommenheiten behaftet sein kann, eine Größe, welche noch nicht ein Hundertelgrad betragen darf.

11 ist eine sehr genaue Dosenlibelle zur horizontalen Einstellung der Drehaxe rs des Fernrohres. Auf dem Glase dieser Libelle sind zwei concentrische Kreise gezogen, welche 2 Millimeter weit von einander abstehen und die Ausdehnung, innerhalb welcher die Oscillationen der Luftblase nach deren Einstellung beim Drehen des Instrumentes um die Axe pq schwanken dürfen, anzeigen.

c. Hohler Cylinder, in welchem die aufgehangene Magnetnadel schwingt. Derselbe dreht sich innerhalb der verticalen Axe, sodaß man die Axe des

12 Orientirungsfernrohres normal zur Magnetnadel stellen kann, und auf ihm erhebt sich die verticale Axe mit dem Horizontalkreise, dessen Nulllinie mit der Axe des Orientirungsfernrohres einen Winkel einschließt, welcher um den Winkel der magnetischen Declination größer als ein Rechtwinkel sein muß.*) Der Magnet hängt an einem im Mittelpunkte des Horizontalkreises be-

*) Gewöhnliche Fernröhre haben nur 15 bis 30fache Vergrößerung.

*) Ein an der dem Knopfe 10 gegenüberliegenden Seite des Cubus b befindlicher Knopf dient zur Einstellung der Nulllinie des Horizontalkreises nach der mittleren Declination des Ortes und der Epoche.

festigten Faden, was die von der Reibung auf dem Stifte der gewöhnlichen Boussolen herrührenden Fehler eliminirt. Er ist von parallelepipedischer Gestalt und messerrückenförmig; die eine Seite ist spiegelnd geschliffen und reflectirt, wenn sie gegen das Ocular des Orientirungsrohres gedreht wird, im Felde desselben die Eintheilung eines kleinen Glases, welches sich in diesem Fernrohre befindet. Zeigt der Magnet seine natürliche Richtung, so fällt, wenn das Orientirungsfernrohr normal zu dieser Richtung steht, der Nullpunkt der reflectirten Theilung mit dem verticalen Faden des Fadenkreuzes des Fernrohres zusammen. Oscillirt die Magnetnadel in der Ebene des magnetischen Meridians wie ein Pendel, so oscilliren auch die Theilstriche der Skala vor dem Faden, und wenn der Ausschlag nach beiden Seiten gleich groß ist, so zeigt dies, daß die Axe des Fernrohres normal zur Ebene des magnetischen Meridianes steht, und man braucht nicht abzuwarten, bis der Nullpunkt vor dem Kreuzpunkte des Fadenkreuzes stehen bleibt. Wenn die Axe des Fernrohres diese Richtung besitzt, so befindet sich auch die Nulllinie des Horizontalkreises im Meridian des Beobachtungsortes.

13 eine Preßschraube für die Drehbewegung um die verticale Axe pq.

14 Gegengewicht des Fernrohres.

15 Schraube für die feinere Einstellung der Drehung um die verticale Axe.

16 Fußplatte des Instrumentes mit den nöthigen Stellschrauben; dieselbe ist in geeigneter Weise derartig befestigt, daß sie von dem darunterliegenden cylindrischen Muffe, welcher sich um die Axe mn dreht, abgehoben werden kann.

17 Preßschraube für die Drehbewegung des die Magnetnadel umschließenden Cylinders.

18 Dosenlibelle zur vorläufigen Horizontalstellung der Fußplatte.

19 Preßschraube zur Feststellung des Muffes auf der Axe mn.

d, d, d Beine des Statives, welche in der Weise, wie Fig. 5 zeigt, zusammengeschlagen werden können.

Bezüglich der Prüfung der Genauigkeit des Instrumentes und der Ermittelung der Fehler haben wir noch Nachstehendes zu bemerken.

Wesentliche Bedingungen für die richtige Stellung der Theile, welche der Clepscyclus mit allen ähnlichen Instrumenten gemein hat, sind:

1. Die verticale Stellung der Drehungsaxe pq, wenn die Luftblase der Libelle 11 einspielt,
2. die constante normale Stellung der Axen tu und pq zu der Axe rs in allen ihren Lagen.

Bei den gewöhnlichen Instrumenten sind die Mechaniker in Ermangelung von Hilfsmitteln zu strenger Erfüllung dieser Bedingungen genöthigt, diesen Constructionsfehlern durch Beigabe von Correctionsschrauben zu begegnen. Beim Clepscyclus ist aber, wie gesagt, der Gebrauch solcher Hilfsmittel streng vermieden und dem Constructeur die Aufgabe gestellt, die obigen Bedingungen bis auf wenige Tausendtel eines Grades genau zu befriedigen. Daher müssen sehr feine Hilfsmittel zur Prüfung der Accuratesse der Ausführung angebracht sein, ohne welche das Instrument nicht angenommen werden darf. Ist aber die Gewißheit erlangt, daß das Instrument den Anforderungen bis zu der angegebenen Grenze genügt, so muß es auch ein genaues und leichtes Mittel abgeben, vorkommenden Falles die Größe des Fehlers zu bestimmen, um die Correction der mit den Mikroskopen gemachten Ablesungen bewirken zu können.

Die Prüfung der ersten Bedingung, die Verticalität der Drehungsaxe pq bei einspielender Luftblase an der Dosenlibelle 11, erfolgt mittelst der beiden concentrischen, um 2 Millimeter von einander abstehenden Kreise auf dem Glase der Libelle. Ist die Luftblase in's Mittel eingestellt, so dreht man das Instrument um seine verticale Axe, und wenn dabei die Luftblase zwischen den beiden Kreisen stehen bleibt, so giebt dies eine Probe für die Verticalität der Axe innerhalb der gesteckten Grenzen einiger Tausendtel eines Grades.

Zur Prüfung der Erfüllung der zweiten Bedingung, constante normale Stellung der Axen pq und tu zur Axe rs, ist der optische Apparat bestimmt, welcher dem mittleren Ocular des Cubus b entspricht.

In der Richtung dieses Oculares und auf der entgegengesetzten Seite des Würfels befindet sich ein rechtwinklig zur Ebene der Libelle 11 stehendes Glas. Ein zweites Glas befindet sich in derselben Richtung, aber an der Röhre des Fernrohres a. In der Ocularröhre ist ein kleiner Spiegel befestigt, welcher von Außen Licht empfängt und im Focus eine Lichterscheinung erzeugt. Das von diesem Punkte ausgehende Licht wird von dem ersten Spiegel zum Theil reflectirt, während ein anderer Theil vom zweiten Spiegel zurückgeworfen wird, sodaß sich im Felde des Oculares zwei Lichtkreise zeigen, welche in einen zusammenfallen werden, sobald die beiden Spiegel unter sich parallel stehen, und welche überdies zusammen in den Brennpunkt fallen werden, wenn die beiden Spiegel zur optischen Axe des Oculars normal stehen. Wenn in diesem Falle der an dem Fernrohre a angebrachte Spiegel genau parallel zur optischen Axe desselben befestigt ist, so giebt die Deckung der beiden Bilder im Kreuzpunkte des Fadenkreuzes des Oculares die Probe für die normale Stellung der optischen Axe tu des Fernrohres a zur optischen Axe des Oculares

und folglich zur Drehungsaxe rs, welche mit letzterer identisch ist. Die Axe rs wird, wenn sie normal zu dem auf der Ebene der Libelle 11 senkrecht stehenden ersten Spiegel steht, horizontal liegen, sobald die Luftblase an dieser Libelle einspielt; durch die erste Prüfung ist aber nachgewiesen, daß die Axe pq vertical steht, wenn diese Luftblase einspielt, folglich muß die Axe pq normal zur Axe rs sein.

Man dreht nunmehr das Ocular a um die Axe rs; hört die normale Stellung der Axe tu gegen die Axe rs auf, so wird auch die parallele Stellung der beiden Spiegel aufhören und dieser Veränderung wird dann die Verschiebung des vom zweiten Spiegel reflectirten Bildes aus dem Focus entsprechen. Man führt das Instrument um die verticale Axe pq herum; hört die Axe rs auf, zur verticalen Axe pq normal zu bleiben, so wird dieser Veränderung die Verschiebung des vom ersten Spiegel reflectirten Bildes aus dem Focus entsprechen. Zwischen der Größe und dem Sinne dieser beiden Verschiebungen und den entsprechenden Abweichungen der Axen oder den daraus bezüglich der horizontalen und verticalen Winkel entstehenden Fehlern wird es eine bestimmte Beziehung geben. Aus dieser Beziehung läßt sich mittelst gewisser hier nicht näher zu bezeichnender optischer Kunstgriffe unmittelbar in Tausendteln eines Grades die Größe des Winkelfehlers ableiten, eine Größe, welche im Felde des mittleren Oculares in Zehnteln der Hundertelgrade abgelesen wird.

Ist die fragliche Größe kleiner als 10, so gilt dies als ein Beweis für die probemäßige Erreichung der normalen Stellung der Axen untereinander und man kann das Instrument mit der Ueberzeugung übernehmen, daß die Resultate der Arbeit mit demselben nicht mit Fehlern bis zu $^1/_{100}$ Grad behaftet sein werden. Wenn auch Fehler in den Tausendteln eines Grades vorkommen, so hat der Beobachter das Mittel in den Händen, die beobachteten Winkel von den durch die Unvollkommenheit der Ausführung herbeigeführten Fehlern corrigiren zu können, indem er in dem mittelsten Oculare die genaue Winkelgröße in Tausendteln eines Grades abliest, welche er zu den beobachteten Winkeln zu addiren, oder davon zu subtrahiren hat. Sollte sich durch was immer für eine Ursache die richtige Lage der Theile ändern, so wird der Beobachter durch das mittlere Ocular schnell davon benachrichtigt werden, indem dasselbe Abweichungen von 10 oder mehr Tausendteln eines Grades angiebt.

(Giornale dell' Ingegnere-Architetto ed Agronomo. Anno XIII, No. 2.)

Ueber die Steinbrechmaschinen von Blake, verbessert von Avery, von Dyckhoff und von Chamber.

(Hierzu Tafel 23.)

Es giebt bekanntlich eine große Menge verschiedenartig eingerichteter, mehr oder weniger ingeniöser Maschinen zum Zerstampfen, Zermalmen, Pulverisiren, Zerquetschen und Mahlen von harten und trocken schwer zu zerkleinernden Körpern, z. B. Erzen und metallischen Producten, Schmirgel, Emaille u. dergl., sowie von eben so harten, aber leichter zerreiblichen Stoffen, wie Glas, Marmor, Kreide, Gyps, Talk, Cement u. s. w., endlich von vegetabilischen oder animalischen Stoffen, wie den Getreidekörnern, Cacaobohnen, Gewürzen, Nüssen, Mandeln, Indigo, Baumrinde, Bitumen, Steinkohle, Holzkohle, Knochen, Salzen, Farben u. s. w. Diese Maschinen müssen nach der mehr oder weniger festen, oder faserigen, oder öligen, oder elastischen Beschaffenheit der zu zerkleinernden Substanzen und nach der Art der durch die Zerkleinerung zu erzielenden Zwecke natürlicherweise nach sehr verschiedenen Principien construirt sein. Man hat z. B. gelernt, Getraidekörner in der vortheilhaftesten Weise zwischen horizontalen, mit eingehauenen Furchen versehenen Steinen, gebrannten Gyps und Tabak in kaffeemühlenartigen Mühlen, Pulver, Holzkohle, Oelsamen u. s. w. unter stehenden gußeisernen oder granitenen Steinen, welche sich in einem kreisrunden Troge um eine verticale Welle in der Mitte drehen, Cacao, Zucker, pharmaceutische Artikel in Reibschalen mit Kugeln oder in Mörsern unter einem Stampfer zu zerkleinern, aber die nachstehend zu beschreibenden Steinbrechmaschinen unterscheiden sich von allen diesen Apparaten dadurch, daß es sich bei denselben nicht um ein Zerreiben handelt, wie bei der Mehrzahl der vorgenannten Mühlen, sondern um ein Zerbrechen, d. h. daß sie dazu bestimmt sind, ziemlich große Blöcke von hartem Stoff, z. B. Erzstufen, welche zum Verschmelzen bestimmt sind, Bruchsteine und Kiesel, welche

zu Beton verarbeitet oder als Straßenschotter verwendet werden sollen, u. dergl. in vergleichsweise kleine Stücke zu trennen.

Letztere Arbeit hat man seit den ältesten Zeiten mit Hilfe des Stoßes und zwar zunächst durch Zerschlagen mittelst Hämmern verrichtet. Dann kamen die Stampfwerke auf, welche zunächst wie Mörser mit Keule, dann wie die Pochwerke in den Erzwäschen eingerichtet waren. An Stelle der Pochwerke sind auf den Bergwerken auch Quetschwerke angewendet worden, d. h. zwei oder drei zusammenarbeitende horizontale Cylinder, welche an der Peripherie entweder glatt, oder mit vorspringenden Zähnen versehen sind; doch wirken derartige Quetschwerke nicht eigentlich durch den Stoß, sondern vielmehr durch den Druck und die Art und Weise, wie während der Dauer dieses Druckes der Körper festgehalten wird. Letztere ist aber sehr wesentlich, denn harte Körper zerbrechen um so leichter, je mehr sie frei liegen, je geringer und auf je mehr Punkte vertheilt die Berührungsfläche mit der Unterlage ist.

Diese Bemerkungen sind natürlicherweise mit Rücksicht auf die Gestalt des Körpers und die Anordnung der Bestandtheile desselben aufzufassen; ein runder Körper ist widerstandsfähiger als ein prismatischer, ein Körper von schiefriger Structur leichter zerstörbar, als ein massiger, aller lagenweisen Anordnung seiner Fasern entbehrender Körper.

Auch die neue Zerkleinerungsmaschine beruht nicht auf der Anwendung des Stoßes, sondern auf der wiederholten Einwirkung eines Druckes auf den nicht gehörig unterstützten Körper. Dieses System gewährt, den stoßweise wirkenden Hämmern und Stampfwerken gegenüber, den Vortheil, daß seine Maschinentheile eine größere Dauer besitzen, und daß es leichter ist, die Körper bis zu einer gewünschten Gröbe und zu einem gleichförmigeren Korn mit Erzeugung von weniger Klarem oder Staub zu zerkleinern.

Die neue Brechmaschine, deren Erfinder der Amerikaner Blake zu New-Haven ist, besteht aus zwei trapezoidalen und gefurchten Backen, wovon der eine vertical ist und feststeht, der andere aber schief liegt und um eine Axe am obern Ende schwingt, sodaß ein trichterförmiger Schlund entsteht, dessen obere und untere Oeffnung nach der Gröbe der aufzugebenden und der beabsichtigten Feinheit der gebrochenen Stücke eingerichtet sein muß. Der bewegliche Backen macht eine geringe, aber rasche Vor- und Rückwärtsschwingung, welche ihm mittelst eines Kniehebels durch einen am Boden der Maschine liegenden langen und von einer gekröpften Welle bewegten Hebel mitgetheilt wird. Die gekröpfte Welle, welche am Hintertheil des Maschinengerüstes ruht, trägt zwei Schwungräder und eine Riemenscheibe zur Aufnahme der Betriebskraft.*)

*) Die erste Beschreibung und Abbildung dieser Maschine in deutschen Journalen dürfte sich in dem Jahrgange 1861 der Berg- und Hüttenmännischen Zeitg. von Bornemann u. Kerl finden. D. Red.

Im Nachstehenden theilen wir mehrere Verbesserungen dieser Blake'schen Steinbrechmaschine mit.

Verbesserte amerikanische Steinbrechmaschine von Avery.

(Fig. 1 und 2 auf Taf. 23.)

Wie soeben erwähnt wurde, war bei der Blake'schen Brechmaschine der bewegliche Brechbacken vertical und erfolgte die Bewegung des anderen Backens mittelst eines langen Hebels. Daraus entstanden folgende Nachtheile:

1. war die obere Oeffnung des Schlundes ziemlich eng und, da überdies die Seitenwände dieses Schlundes vertical standen, so kamen Einklemmungen der hineingeworfenen Stücken vor, welche einen todten Gang der Maschine und Kraftverluste erzeugten, da die Maschine immer fortgeht, wenn sie auch Nichts zu brechen hat;

2. waren die Stellkeile, mittelst deren dem beweglichen Backen ein verschiedener Hub gegeben werden kann, in der Mitte zwischen den Schwungrädern angebracht, sodaß die Maschine jederzeit angehalten werden mußte, wenn man, mit Rücksicht auf die Gröbe der zu zerdrückenden Massen, eine Veränderung im Hube der Brechbacken vornehmen wollte.

Diese beiden Nachtheile hat Avery durch seine abgeänderte Construction zu beseitigen gesucht und zugleich noch an Raum gewonnen. Fig. 1 zeigt einen verticalen Längendurchschnitt derselben, Fig. 2 die neue, am hintern Ende des Gestelles außerhalb der Schwungräder angebrachte Stellung.

Man sieht, daß bei dieser verbesserten Construction die treibende Welle A nicht mehr am Ende des Gestelles, sondern in der Mitte desselben in zwei am Gestelle angegossenen Lagern liegt, was die Stabilität erhöht. Sie trägt an dem einen Ende ein gußeisernes Schwungrad V, an welches mittelst der Bolzen a die Riemenscheibe angeschraubt ist; in der Mitte ist sie gekröpft und nimmt den Kopf der Schubstange C auf, welche unten in einen Bolzen, gegen den sich die Arme D und D′ des Kniehebels stützen, ausläuft. Der Kniehebel wird also hier unmittelbar von der Schubstange bewegt, was jedenfalls der ursprünglichen Einrichtung, wo noch ein langer Hebel als Zwischenstück eingeschoben war, vorzuziehen ist.

Die beiden Arme D und D′ sind so breit, als das Gestell innerlich weit ist, und stützen sich mit ihren abgerundeten Enden, welche in entsprechend geformten Vertiefungen liegen, einerseits gegen den beweglichen Backen M, andrerseits gegen den Stellkeil E. Letzterer liegt in einer am Ende des Gestelles ausgesparten Vertiefung, welche auch den Gegenkeil F (Fig. 2) aufnimmt, und kann durch Anziehen des Keiles F so verschoben werden, daß der Ab-

stand von dem beweglichen Backen größer oder kleiner wird, wodurch dann der Abstand zwischen dem festen und dem beweglichen Backen verkleinert oder vergrößert wird. Das Anziehen des Keiles F erfolgt mittelst der Schraubenköpfe ff, indem sich bei geeigneter Drehung derselben die in dem Keile F sitzende Mutter auf dem Schraubengewinde des Bolzens f′ entsprechend verschiebt.

Um den beweglichen Brechbacken, welcher auf den an der Vorderseite des Gestelles mit Bügeln und Vorsteckern befestigten schmiedeeisernen Bolzen m aufgeschoben ist, fest anzudrücken, ist dahinter am Gestell eine Büchse G mit Kautschukfedern g angebracht, welche durch die Zugstange g′ mit dem Brechbacken verbunden ist. Letztere geht durch den wie bei den Eisenbahnwagenpuffern aus Kautschuk- und Blechscheiben bestehenden Puffer hindurch, ist am Ende mit Schraubengewinde versehen und kann daher durch Anziehung der mit Schwungkurbel versehenen metallenen Mutter v angespannt werden. Die Feder wird beim Vorwärtsgange angespannt und zieht beim Rückgange den Brechbacken zurück.

Die Neigung des festen Backens M′ muß dem Material angepaßt werden, sie begünstigt aber den Eintritt der größeren Stücke; ebenso sind die Brechbacken, je nach der Beschaffenheit der zu zerbrechenden Massen, glatt oder mit kleineren oder größeren Erhabenheiten und Vertiefungen anzufertigen.*) Die Seitenwände des Schlundes sind schief gelegt, sodaß die untere Oeffnung weiter ist, als die obere, was dem Verstopfen des Schlundes vorbeugt und die Leistung der Maschine vergrößert, da die gebrochenen Massen rascher austreten können.

Nach den Mittheilungen Hr. Lancaster's in der Gesellschaft englischer Maschinen-Ingenieurs ist über die Leistung der amerikanischen Brechmaschinen Folgendes zu berichten.

Auf den Hüttenwerken zu Kirkleß-Hall arbeitet seit dem Oktober des J. 1862 eine Blake'sche Brechmaschine zur Zerkleinerung von Kalkstein und Erzen. Die Dimensionen des Schlundes sind 0,51 Met. Länge und 0,178 Met. Weite oben. In 10 Stunden Arbeitszeit sind im günstigsten Falle 120 Tonnen, durchschnittlich aber 100 Tonnen Kalkstein gebrochen worden. Wegen der mit dieser Maschine erzielten Ersparnisse ließ Herr Lancaster eine zweite, ebenso große Maschine durch Marsden in Leeds bauen, welche zum Quetschen von Eisenstein für die Hohöfen und von Schlacken zur Beschüttung der Straßen dient. Versuche haben ergeben, daß das Brechen solcher Materialien ungefähr 30 Centimes pro Tonne kostet, worunter sämmtliche Kosten für Abladen der Waggons, Aufgeben der Massen und Dampfkraft inbegriffen sind.*)

Die Geschwindigkeit der treibenden Welle beträgt ungefähr 200 Umdrehungen pro Minute; der geringste Abstand der Brechbacken unten 0,0254 Meter bei 5 Tonnen Leistung pro Stunde und 0,040 bis 0,045 Meter bei 10 bis 12 Tonnen Leistung. Die Betriebskraft ist zu 15 Pferdekräften abzuschätzen.

Von den Theilen der beiden Maschinen haben bisher nur die Brechbacken einer Erneuerung bedurft; man hat gefunden, daß sie bei constanter Arbeit sechs Monate ausdauern, und daß solche aus Weißeisen mit abgeschreckter Oberfläche auf der inneren Seite die haltbarsten sind.

Die auf diesen Hütten benutzten Erze sind sehr fest, sodaß die Maschine hier nicht so rasch laufen darf, als anderwärts, doch hat man beobachtet, daß die schwersten Erze sich rascher verarbeiten, als leichtere, was sich wohl dadurch erklärt, daß ihr größeres Gewicht sie sicherer trägt und sie sich den Brechbacken geschickter präsentiren.

Gegenwärtig giebt es ein halbes Hundert Steinbrechmaschinen auf den Granitbrüchen, um den zur Straßenunterhaltung erforderlichen Steinknack zu bereiten, und man erzielt jetzt diesen Steinknack für 0,3 Franc pro Tonne so rasch, als die Wagen ihn abführen können, während früher der Abfall der Granitbrüche ganz verloren ging, oder mit einem Aufwand von 2,5 Francs pro Tonne per Hand klein geschlagen werden mußte.

Einige von diesen Maschinen dienen auch zur Zerkleinerung des Schmirgels, welcher später allerdings noch feiner pulverisirt werden muß, man erzielt aber durch die Brechmaschinen eine wesentliche Ersparniß und zwar hauptsächlich dadurch, daß sie weniger Staub geben, als die gewöhnlichen Mühlen. Es war nämlich bis vor Kurzem kaum möglich, in einer Schmirgelmühle zu athmen, da die Luft voll des feinsten Staubes war, was außerdem einen wesentlichen Verlust herbeiführte. Die neue Maschine, welche die Zerkleinerung des Schmirgels ohne Stoß bewirkt, vermeidet diesen Uebelstand großentheils, da sie nur wenig Staub giebt, und gewährt große Ersparnisse, weil sie das schwerköstige Zerschlagen der großen Steine bis zu einer für die Mühlen passenden Gröbe billig besorgt.

Man hat derartige Maschinen auch zum Zerkleinern von Zinn-, Kupfer- und Goldpochgängen benutzt und sie den gewöhnlichen Pochwerken gegenüber insofern für vortheilhaft befunden, als Letztere das Muttergestein zu sehr zerkleinern. Bei Anwendung der neuen Maschine kann man unter derselben eine sich drehende Klaubetafel anbringen,

*) Besonders dürfte der neuere Vorschlag, in diese Backen stählerne Kämme einzusetzen, Beachtung verdienen. (Vergl. Dingler's Journal, Bd. 176, Heft 1.) D. Red.

*) Die Zu- und Abfuhr der Massen ist nicht inbegriffen, ebensowenig die Verzinsung des Anlagscapitals und der Aufwand für Reparaturen; auch ist zu bemerken, daß der Preis der Steinkohlen pro Tonne nur 4,35 Francs beträgt.

von welcher Kinder die groben Gangmassen oder Berge ablesen, und kann die der Wäsche zu übergebende Masse dadurch um 75 (?) Procent reduciren, da die Brechmaschine die Massen blos öffnet und aufschließt, also das Erz frei macht, ohne es zu zermalmen.

Der Preis einer der größten Maschinen mit 0,51 Met. langem und 0,254 Met. weitem Maule beträgt 6000 Frcs.; das kleinste, $3^1/_2$ Tonnen wiegende Modell kostet 3500 Frcs. Letzteres ist in Amerika gebaut, steht auf einem Schieferbruche zu Witton-le-Wear und bricht 40 Tonnen Schiefer täglich. Hr. Marsden hat damit 3 bis $3^1/_2$ Cubikmeter Gestein pro Stunde verarbeiten sehen.

Die größte aus Amerika bezogene Steinbrechmaschine hatte 0,51 Met. Länge und 0,188 Met. Weite in der Oeffnung; sie erfuhr mehrfache Brüche am Gestell, ehe dasselbe solid genug war, um den darauf wirkenden Kräften genügenden Widerstand zu leisten. Diese Maschine hatte ursprünglich die Bestimmung, im Centralpark in New-York, wo man im Jahre 1858 5 bis 7 Meilen Chaussee anlegen wollte, Steine zu brechen. Es wurden hiervon große Quantitäten gebraucht und sollten nur solche Stücken zugelassen werden, welche durch einen Ring von 0,0508 Met. Durchmesser gingen. Für die Beschaffung derartigen Steinschlags mußte bei Handarbeit 11 Francs pro Cubikmeter gezahlt werden, bei Anwendung der Maschine betrugen die Kosten blos 3,5 Francs pro Cubikmeter und es wurden in 3 Monaten die Anschaffungskosten erspart, auch fiel das Product viel gleichmäßiger aus. Die zu zerbrechenden Steine waren Geschiebe von blauem Stein, so hart wie Kieselstein und viel schwerer trennbar.

Wo es möglich ist, muß man die Steinbrechmaschinen so aufstellen, daß das Aufgeben von selbst erfolgt, sei dies durch eine Rolle, wenn das Material höher gelagert ist, oder durch einen Elevator, welcher die Masse der Maschine zuhebt. In einem Steinbruche hat man eine soche Maschine am Fuße des Abhanges aufgestellt, sodaß eine geneigte Ebene die Steine unmittelbar nach dem Rumpfe führt, und bei dieser Aufstellung kann 1 Mann der Maschine täglich 100 Tonnen zufördern und die Arbeit von 4 Männern verrichten, welche bei dem gewöhnlichen Aufgeben per Hand erforderlich sein würden. Bringt man darunter Eisenbahnen an, so kann man 12 Waggons in 20 Minuten laden, da man blos eine Fallthüre zu öffnen braucht, um die zerkleinte Masse in die Waggons fallen zu lassen.

Man hat gefunden, daß bei solchen Anlagen der Stein mit geringeren Kosten gebrochen und 20 Miles weit transportirt werden konnte, als vordem das rohe Gestein transportirt wurde. Wo die Zuförderung per Hand bewirkt werden muß, fallen die Kosten pro Tonne um 10 Centimes höher aus.

Die Maschine zu Kirkleß-Hall stand so, daß sie nicht automatisch gespeist werden konnte; der damit beschäftigte Mann konnte pro Tag 30 Tonnen aufgeben, was 3,10 Francs kostete.

Der Erbauer, Herr Marsden, bemerkt, daß man den zur Erzeugung von Straßenbeschüttungsmaterial bestimmten Maschinen, wenn man Staub vermeiden will, eine andere Einrichtung geben muß, als den zum Zerkleinern von Schlacken (bulldog) bestimmten Brechern, wo wie z. B. bei der Vorrichtung für Puddelöfen der Staub keinen Nachtheil bringt. Für letzteren Zweck müssen die Zähne der Backen flacher, etwa 12 bis 13 Millimeter hoch sein, während bei den Steinschlag erzeugenden Maschinen die Zähne schneidender und etwa 20 Millimeter hoch zu formen sind. In beiden Fällen erhalten diese Zähne denselben Abstand, nämlich ungefähr 0,0625 Meter; die Spitze der Zähne ist stumpf, 3 bis 6 Millimeter breit, und an den Kanten abgerundet. Eine Maschine mit schärferen Zähnen befindet sich auf den Gateshead'er Hütten zur Zerkleinerung von Kiesen; hier ist die Hauptaufgabe die möglichste Vermeidung von Staub bei der Zerkleinerung und sie erfüllt ihren Zweck vollkommen.*)

---

*) Von ganz ähnlicher Construction wie die Avery'sche Steinbrechmaschine ist die Maschine der Georgs-Marienhütte bei Osnabrück und der Königin-Marienhütte bei Zwickau. Ueber eine Maschine der letzteren Art ist die Redaction der Zeitschr. im Stande, nähere Angaben mitzutheilen, welche hier wohl am Platze sein dürften. Dieselbe ist auf einer Silbergrube der Freiberger Reviere aufgestellt und bestimmt, die sogenannte Ausschlagearbeit, d. h. die Zerkleinerung der zum Naßpochen bestimmten groben Erzwände, zu ersetzen. Das Ganggestein ist ziemlich fester Quarz und die der Maschine übergebenen Steinblöcke mögen eine durchschnittliche Größe von 15 bis 20 Centimetern in jeder Richtung besitzen. Der Schlund der Maschine ist oben 40 Centimeter lang und 25 Centim. breit und erweitert sich nach unten. Die Brechplatten haben wellenförmige Kämme von 3 Centimeter Höhe und 10 Cent. Abstand. Sie wird durch eine Hochdruckdampfmaschine von 26 Cent. Cylinderdurchmesser und 52 Cent. Kolbenhub mit Dämpfen von $2^2/_3$ Atmosphäre Ueberdruck betrieben, welche ca. 85 Spiele pro Minute macht. Die Brechmaschine macht durchschnittlich 350 Spiele pro Minute und verarbeitet nach einem längeren Durchschnitt 150 Ctr. Gestein pro Stunde. Die Kosten dieses Brechens (in Stücke von ca. 30 bis 80 Cubikcentimeter Inhalt) betragen pro Fuhre à 18 Ctr.

an Kohlen	—	Thlr.	—	Ngr.	8,70	Pf.
„ Oel und Inselt	—	„	—	„	1,92	„
„ Schmiedekosten	—	„	—	„	1,34	„
„ Abnutzung der Brechplatten	—	„	—	„	1,90	„
„ Löhnen	—	„	1	„	1,60	„
„ Zinsen und Amortisation .	—	„	—	„	3,40	„
Summe	—	Thlr.	2	Ngr.	8,86	Pf.

während das Ausschlagen per Hand früher — Thlr. 5 Ngr. 2,4 Pf. kostete. Das Aufgeben der Massen auf die Maschine erfolgt per Hand durch 2 Mann, ein dritter Mann steht unter der Maschine und sorgt dafür, daß der darunter angebrachte grobe Durchwurf nicht verstopft wird. Die Maschine ist nicht den ganzen Tag beschäftigt, muß aber, da es an Platz zum Aufstürzen von Vorräthen fehlt, jeden Tag das Quantum aufarbeiten, welches aus der Grube gefördert wird. Nasse

Dyckhoff'sche Brechmaschine mit Excentriks.

(Fig. 3 bis 7, Taf. 23.)

Die Dyckhoff'sche Construction beruht zwar auf denselben Principien, weicht aber doch im Mechanismus nicht unwesentlich von der vorstehend beschriebenen Maschine ab.

Maschine mit einem beweglichen Backen. — Die in Fig. 3 im Längenschnitt und in Fig. 4 im Grundriß mit theilweisem Durchschnitt dargestellte Maschine besitzt nur einen beweglichen Brechbacken. Sie besteht aus einem gußeisernen, auf 3 Seiten geschlossenen Kasten B, welcher durch vier starke Bolzen B' mit den beiden Lagern b der in bronzenen Schalen laufenden gekröpften Welle A verbunden ist. Diese Bolzen haben zur Erhaltung der richtigen Entfernung zwischen dem Kasten und den Lagern Ansätze und werden durch die Muttern b' angezogen, das Ganze ist aber auf einen starken Holzrahmen G, der auf dem Boden ruht und die Lager g der treibenden Welle H trägt, aufgeschraubt, und Letztere trägt das Schwungrad V, die feste Rolle P und die lose Riemenscheibe P' und das Getriebe p, welches in das große, auf der gekröpften Welle A sitzende Zahnrad R eingreift. Letzteres hat 1 Meter, das Getriebe an der Welle H 0,2 Meter Durchmesser.

Die gekröpfte Welle A ist neben den Lagern für die Köpfe der gegabelten Schubstange C eingedreht und diese wirkt direct auf den beweglichen Bremsbacken M', an welchem sie mittelst der Bolzen c befestigt ist. Die Bolzen haben den erforderlichen Spielraum für die Bewegung, welche mittelst eines kleinen, in der Mitte der Höhe des Backens angegossenen und einem ähnlichen Vorsprunge an dem schief abgeschnittenen plattenförmigen Ende der Schubstange entsprechenden Vorsprunges erfolgt. Zwischen die Platte der Schubstange und die Hinterseite des Brechbackens sind zwei kleine Stücken Holz eingelegt, um etwas Elasticität zu erzielen.

Eine ähnliche Verbindung, bestehend aus dem Holze d' und den Schrauben e, ist für die Befestigung des festen Brechbackens M an der durch starke Rippen verstärkten Wand des Kastens vorgesehen worden.

Brechmaschine mit zwei beweglichen Brechbacken. — Fig. 5 zeigt diese Maschine im Grundriß, Fig. 6 in dem verticalen Längenschnitt nach der Linie 1—2 und Fig. 7 im Querschnitt durch die Mitte nach der Linie 3—4.

Diese zweite, mit besserer Ausgleichung der Gewichte und sparsamerer Benutzung des Raumes entworfene Brechmaschine besteht aus einem starken gußeisernen Gerüste, dessen Seiten B und B' durch die Querbalken e und die Zugstangen e' mit gußeiserner Einlage unter sich versteift sind. Das Gerüst, welches mittelst der Schrauben f auf dem Holzrahmen G befestigt ist, endigt in den starken Lagern b und b', in welchen sich die Excenterwellen A und A' drehen, deren Enden die von dem Getriebe p getriebenen Stirnräder R und R' tragen.

Die Welle H des Getriebes ruht an dem einen Ende in einem am Gerüste B angebrachten Lager mit Bronzeschalen, am andern Ende in einem besondern Lager g', welches auf einem mit dem hölzernen Rahmen G verblatteten Querriegel steht.

Die unteren Querbolzen m und m' sind von Schmiedeeisen und dienen zwei starken gußeisernen Platten C und C' zum Zapfen, um den sie hin- und heroscilliren. Ein Theil der äußeren Seite der Platten ist abgehobelt und nimmt die Schlitten e, e' auf, durch welche die Wellen A und A' hindurchgesteckt sind. Die Schlitten sind der Reibung wegen mit Stahlschienen belegt und an den Platten mittelst der schmiedeeisernen Schienen h befestigt, welche den für den Ausschlag der Platten erforderlichen Spielraum gewähren. Diese Platten sind also ohne alle Schubstangen mit den Halsringen verbunden, jedoch nicht in steifer Weise, sodaß sie blos die oscillirende Bewegung, welche die Excentriks ihnen ertheilen, mitmachen und den Schlitten der Halsringe ein Gleiten auf den abgehobelten Flächen der Platten gestatten.

Auf diese Platten sind nun die aus Schalenguß gefertigten eigentlichen Brechplatten aufgeschraubt, welche auf der Berührungsfläche glatt und auf der Arbeitsseite mit diamantschliffartigen Erhöhungen versehen sind. Da sie schief gegeneinander stehen, so bilden sie eine Art Rumpf oder Schlund, in dessen obere Oeffnung die zu zerdrückenden Steine eingeschüttet werden. Bei jeder Umdrehung der Wellen A und A' wird jeder im Schlunde befindliche Stein in mehrere kleinere Stücke zersprengt, welche tiefer hinabfallen, bis sie genügend zerkleinert sind, um durch die untere Oeffnung des Schlundes entweichen zu können, wo sie dann entweder von einem Wagen oder von einem Tuch ohne Ende N, welches sie weiter befördert, aufgefangen und nach einem beliebigen andern Punkte des Etablissements fortgeführt werden.

Die Zähne der Platten M und M' haben nicht blos den Zweck, die Zerkleinerung der Steine zu erleichtern, indem sie wie Keile in dieselben eindringen, sondern sie verhindern auch, daß die Steine nicht wieder oben herausgepreßt werden, was bei glatten Backen eintreten würde.

Die Maschine ist für sehr starke Kraftentwickelungen eingerichtet, indem der Unterschied zwischen den Halbmessern

und schmantige Pochgänge verarbeiten sich schlechter als trockene. Von großem Einflusse erweist sich die Härte der Brechplatten und es werden in dieser Beziehung noch Versuche mit Grüson'schem Hartguß beabsichtigt. Der Scheffel Steinkohle (klare Zwickauer Rußkohle) kostet 13 Ngr.; die Anlagskosten betrugen ca. 2500 Thlr. und außer einer Verzinsung dieses Capitals zu 4% sind im Obigen noch 2% für Amortisation in Ansatz gebracht. D. Red.

der Zahnräder R, R′ und der Excenter so groß ist, daß eine geringe Kraft zwischen den Zähnen schon einen starken Druck auf die Platten erzeugt.

Um eine größere oder geringere Oeffnung der Brechbacken herzustellen, genügt die Verschiebung der gegenseitigen Lage der Excenter, welche durch blose Verstellung der ineinandergreifenden Zahnräder bewirkt wird.

Da die beiden Platten M und M′ einen halb so großen Hub erhalten, als um wieviel sie sich einander nähern sollen, so haben die Zahnräder R, R′ einem viel geringeren Drucke und die Wellen A und A′ einer viel geringeren Torsion Widerstand zu leisten, als wenn der eine Backen feststünde und der andere Backen allein den ganzen erforderlichen Ausschub machen müßte. Die durch den Druck erzeugte Reaction wirkt auf Zerbrechen der Seitenwände B und B′ des Gerüstes und, um diese zu befestigen und zu vermeiden, daß das Stößen wenig Widerstand leistende Gußeisen die ganze Kraft aufzunehmen genöthigt sei, ist der untere Theil des Gerüstes durch zwei starke, heiß aufgezogene schmiedeeiserne Ringe I (Fig. 7) verstärkt, durch welche die Querbolzen m, m′ hindurchgehen. Im oberen Theile des Gerüstes wird der Druck von vier großen, durch angegossene hohle Vorsprünge, welche zugleich zur Befestigung der Lager der Wellen A und A′ dienen, hindurchgehenden Bolzen b′ aufgenommen. Demnach ist das Gußeisen der Seitenwände des Gerüstes fast ganz entlastet und der Gegendruck wird durch die absolute Festigkeit der Ringe I und Bolzen b′ geleistet. Was den verhältnißmäßig geringen Druck gegen die andern Seitenwände anlangt, so wird er von den Querbalken e und Standbolzen e′ aufgenommen.

Zur Verminderung der bei jeder Umdrehung der Wellen A und A′ sich wiederholenden Stöße sind zwischen die Brechbacken und die gußeisernen Platten C, C′ hölzerne Pfostenstücken d, d′ eingelegt, welche ein einigermaaßen elastisches, und jedenfalls Brüchen vorbeugendes Polster abgeben. Je nach der beabsichtigten Größe der zerdrückten Stücken nimmt man diese Einlagen schwächer oder stärker. Ein Schwungrad V endlich, welches auf der treibenden Welle H reitet, gleicht die Unregelmäßigkeiten des Ganges, welche bei der intermittirenden Thätigkeit des Brechers entstehen würden, aus und zwei Riemenscheiben, eine feste und eine lose, nehmen abwechselnd den Treibriemen auf.

Diese Art Maschinen kann ohne Abänderung der Disposition eben so gut zum Brechen von Erzen, Steinsalz, Steinen u. dergl. verwendet werden, doch ist die entsprechende Form der Zähne der Brechbacken und die entsprechende Stärke der Maschinentheile nach der Natur und Härte der zu brechenden Stoffe zu bemessen.

Nachstehende Angaben über die Leistung verdanken wir dem Constructeur.

Die zu brechenden Massen werden auf eine im Niveau des hölzernen Rahmens der Maschine liegende Bühne geschafft und dann von 2 Arbeitern per Hand aufgegeben, was dem Aufgeben mittelst eines über der Maschine befindlichen und durch Ausstürzen von Wagen oder Karren zu füllenden Rumpfes vorzuziehen ist, da die Steinblöcke sehr unregelmäßig geformt sind und sich daher leicht im Rumpfe verspreizen, kurz nicht regelmäßig genug nach der Maschine hinabrutschen würden.

Die bis zu einer gewissen, von dem Abstande der Backen am unteren Ende abhängigen Größe zerkleinerten Massen fallen auf ein Tuch ohne Ende, welches mit von der Hauptwelle der Maschine betrieben wird und derartig ansteigt, daß die gebrochenen Steine dann von selbst ohne menschliche Beihilfe in kleine Wagen fallen.

Solch' eine Vorrichtung ist in Fällen, wo ohne Erschwerung für die Zufuhr der rohen Steine die Maschine hoch genug über einer Eisenbahn für die Abfuhr der kleinen Wagen aufgestellt werden kann, überflüssig, weil dann die gebrochenen Materialien aus der Maschine sofort in die Wagen herabfallen. In beiden Fällen aber genügen drei Mann zur Bedienung der Maschine, indem die Unterschiebung von leeren und die Wegschiebung der vollen Waggons durch einen Mann besorgt werden kann.

In 12 Arbeitsstunden kann die Maschine 100000 Kilogramme Eisenstein in Stücken von 0,35 bis 0,5 Meter Dicke zerbrechen; bei Steinschlag für Chausseen ist die Leistung nur halb so groß, nämlich 25 Cubikmeter in 12 Stunden, und weil derartige Steine viel härter als Eisenstein sind, so mußten beim Brechen derselben Excenter mit halb so viel Hub angewendet werden, damit die Zähne der treibenden Räder nicht einem stärkeren Drucke ausgesetzt seien, als dem berechneten. Bei denselben Excentern wurden auch sehr harte, in den Hohöfen zu Novéant (Mosel-Departement) dargestellte und mit dem Namen „künstlicher Porphyr“ bezeichnete Schlacken gebrochen, auch zerkleinerte die Maschine sehr festes, mindestens dem Marmor an Härte gleiches euritisches Gestein, ein Versuch, den man blos behufs der Prüfung ihrer Leistungsfähigkeit anstellte. Steinsalz wird auf den Salinen zu Saint-Nicolas-Varangeville mit der weniger soliden Construction mit einem beweglichen Brechbacken (Fig. 3, 4) zerkleinert und zwar leistet eine solche Maschine, die dort seit 2 Jahren in Gang ist, in 12 Stunden 48 Cubikmeter; die zweite Art von Maschinen würde nach Herrn Dyckhoff soviel wie die Eisensteinbrechmaschine leisten.

Bei den angegebenen Leistungen arbeitet die Maschine mit 30 Spielen der Brechbacken pro Minute; die Leistung kann also erheblich erhöht werden, wenn man die Spielzahl auf 40 bis 45 Hübe vermehrt. Als Betriebskraft sind bei 30 Spielen des Brechers 4 Pferdekräfte erforder-

lich. Gegen die amerikanischen Brechmaschinen zeichnet sich die Dyckhoff'sche dadurch aus, daß sie ein gleichförmigeres Product liefert; jedes Stück muß nämlich, ehe es die Maschine verläßt, den Zwischenraum am unteren Rande der Platten passiren, welcher nur zwischen 0,015 und 0,04 bis 0,05 Meter beträgt, während der Abstand der Brechbacken der Blake'schen Maschine um den ganzen Hub des beweglichen Backens variirt.

Chamber's hydraulische Brechmaschine.

(Fig. 8, Tafel 23.)

Fig. 8 zeigt im verticalen Durchschnitt die unter dem 25. Oktober 1861 patentirte Steinbrechmaschine von E. Chamber, welche in der Wirkungsweise mit der Blake'schen Maschine identisch ist, sich aber dadurch unterscheidet, daß der bewegliche Backen doppeltwirkend ist und durch ein Paar hydraulische Pressen von origineller Construction bewegt wird.

Man sieht vor allen Dingen, daß der schmiedeeiserne Bolzen m, welcher dem beweglichen Brechbacken M′ als Drehpunkt dient, sich ungefähr in der halben Höhe befindet, und daß die Bewegung des Backens M′ abwechselnd durch die Kolben p und p′, welche sich in den kleinen Preßcylindern D und D′ verschieben, bewirkt wird. Letztere sind mittelst umgebogener Lederstreifen gedichtet, welche durch den Druck des durch die Kölbchen a und a′ in die Cylinder gedrückten Wassers hermetisch angepreßt werden.

Die Enden der Kölbchen a und a′ sind mittelst derselben Traverse c verbunden, welche von den beiden schmiedeeisernen Zugstangen C in verticaler Richtung auf und ab bewegt wird. Diese Zugstangen gehen von der doppelt gekröpften Welle A aus, welche überdies zwei Schwungräder und eine feste, sowie eine lose Riemenscheibe P trägt.

Wenn nun z. B. die Traverse c niedergeht, so drückt der Kolben a′ auf die im Cylinder D′ enthaltene Flüssigkeit und schiebt den Kolben p′ heraus, welcher auf den unteren Theil des Brechbackens wirkt, während sich der obere Theil des Backens öffnet, weil gleichzeitig der obere Preßkolben p in Folge des Niederganges des Kölbchens a etwas zurückgetreten ist. Das Gegentheil findet natürlich statt, wenn die Traverse c mit den Kölbchen aufwärts geht.

Da der Bremsbacken zwei schlundartige Höhlungen bildet, so erfolgt ein doppeltes Brechen und die Arbeit ist sozusagen continuirlich. Die groben Blöcke werden zuerst im oberen Theile beim Aufsteigen der Kolben so weit zerdrückt, daß sie durch den Zwischenraum zwischen dem inneren Vorsprunge m′ des beweglichen Backens und dem festen Brechbacken hindurchgehen; dann arbeitet der untere Theil der Brechbacken beim Niedergange der Kolben auf die weitere Zerkleinerung der vorgebrochenen Steine.

Um Brüchen vorzubeugen, welche in Folge eines unerwartet großen Widerstandes zwischen den Brechbacken eintreten könnten, sind an den Cylindern der Pressen D und D′ kleine Sicherheitsventile s, s′ angebracht, und um die in solchen Fällen entstehenden Verluste an Wasser ersetzen zu können, ist die Einrichtung getroffen, daß man mittelst einer Handpumpe durch das Rohr T Wasser nachfüllen kann.

Die größere oder geringere in den Cylindern enthaltene Flüssigkeitsmenge bietet ein Mittel zur Regulirung des Hubes der Kolben und folglich des Ausschubes des Brechbackens.

Diese Maschine ist auf 300 Umdrehungen pro Minute eingerichtet und da sie doppelt wirkend ist, so giebt sie 600 Drücke pro Minute. Der Hub der Kölbchen beträgt 0,17 Meter. Nach Angabe des Erfinders soll die erforderliche Betriebskraft geringer sein, als bei andern Brechmaschinen, auch gestattet sie in Folge des doppelten Schlundes die Zerkleinerung größerer Steinblöcke, z. B. die Zerdrückung von 25 bis 30 Cubikcentimeter (?) haltenden Steinen in Stücke von 2 bis 3 Centimeter.

(Nach Armengaud, Publication Industrielle, 16. Vol., livr. 1—2.)

Ueber die Biegung von Säulen und stehend belasteten Prismen.

Von

Vidal, Bergingenieur, Eleve der polyt. Schule zu Paris.

Man hat es nicht selten mit dem Widerstande zu thun, welchen prismatische oder cylindrische Körper der Biegung durch eine in der Richtung ihrer Längenaxe wirkende Last entgegensetzen. Beim Bauwesen tritt uns diese Frage bezüglich der Tragsäulen, beim Bergbau und Tunnelbetriebe bezüglich der Stempel, Bolzen u. s. w. entgegen, deren Widerstandsfähigkeit zu berechnen ist. Ebenso sind Stahlblätter, welche als Federn wirken, bisweilen einer in der Richtung ihrer Längenaxe wirkenden Zusammendrückung ausgesetzt.

Für alle diese Fälle ist, wenn man voraussetzt, daß die beiden Enden des Prismas nach der Biegung in der ursprünglichen Axenrichtung verbleiben, die Gleichgewichtsbedingung auszudrücken durch die Gleichung:

$$\mu \frac{d y^2}{d x^2} = - N y,$$

wenn N die auf dem oberen Ende ruhende und in der Richtung der Axe wirkende Last,

μ das Moment, welches bei homogenen prismatischen Körpern constant ist,

x und y die Coordinaten bedeutet.

Man vernachlässigt übrigens das Gewicht und macht bekanntlich gewisse sehr rationelle Hypothesen, die wir nicht wiederholen wollen.

Durch doppeltes Integriren ergiebt sich hieraus die Schlußgleichung:

$$y = A \sin x \sqrt{\frac{N}{\mu}},$$

aus welcher hervorgeht, daß die von der mittleren Faser des gebogenen Stabes beschriebene Curve eine Sinusoide ist, welche übrigens der Axe in mehreren Punkten begegnen kann, je nachdem die Größe $\sqrt{\frac{N}{\mu}}$ und die Länge des belasteten Prismas verschiedene Werthe besitzen.

Die Constante A, welche den größten Pfeil der Sinusoide darstellt, bleibt bei dieser Theorie vollkommen unbestimmt, und um die Frage discutiren zu können, pflegt man auch die ziemlich geringe Größe, um welche das obere Ende der Säule unter der Last herabgesunken ist, zu vernachlässigen.

Diese Theorie ist einfach und für die Praxis genügend, wenn man die Grundbedingungen statuirt. Sobald es sich um Säulen, Pfeiler u. dergl. handelt, sind diese Bedingungen, welche auf die Annahme sehr kleiner Deformationen der betreffenden Körper hinauslaufen, vollkommen zuläßig. Denn man vermeidet in diesen Fällen jeden übermäßig hohen Druck, weil man stets bedeutend unter der Grenze der Bruchbelastung bleiben muß, welche man, selbst bei sehr mäßigen Verkürzungen der Fasern sehr rasch erreichen würde. Auch haben Säulen und Pfeiler im Bauwesen geradezu den Zweck, die davon getragenen Theile unwandelbar fest zu stützen; sie dürfen sich weder verkürzen, noch biegen, sie müssen vielmehr vollkommen geradlinig bleiben. Man hat sich daher auch nur mit dem Bestreben zur Biegung und nicht mit einer wirklichen Biegung zu beschäftigen, sucht also blos eine unterste Grenze des Widerstandes. Demnach sind auch alle Vereinfachungen, alle Verkürzungen des Calculs vollkommen zu billigen, selbst wenn sie zu gewissen Ungenauigkeiten der Rechnung, zu manchen Inconsequenzen der Folgerungen führen, und man traktirt den Gegenstand auch allgemein so.

Es giebt indessen gewisse Verhältnisse, wo diese approximative Theorie doch nicht mehr ausreichen kann. Wir wollen hier nur an die biegsamen prismatischen Blätter, die man als Federn benutzt, erinnern, bei denen die Krümmung eine sehr merkliche ist und auf die Ablenkung genauer Rücksicht genommen werden muß. Es genügt nicht, im Allgemeinen zu wissen, daß sie die Form einer Sinusoide annehmen, und mit mehr oder weniger Genauigkeit einen Grenzwerth des Widerstandes zu berechnen, sondern man muß die neue Länge und Gestalt der Fasern, überhaupt eine Beziehung zwischen der Durchbiegung, der Längenabnahme und der Belastung aufzusuchen trachten.

Ueberhaupt ist es interessant, der Unbestimmtheit und den kleinen Ungenauigkeiten der allgemeinen Methode ent-

gehen zu können, und in Stand gesetzt zu werden, den Grad der Genauigkeit der angewendeten Rechnung zu ermitteln. Man muß also eine neue Beziehung zwischen den verschiedenen Größen, die man bei solchen Untersuchungen zu betrachten hat, aufsuchen und das wird man erreichen, wenn man ein Mittel besitzt, um die Länge eines Sinusoidenbogens anzugeben.

Die Rectificirung dieser Curve beruht auf gewissen Reihenentwickelungen, die weniger bekannt sind, weil sie für den ersten Augenblick sehr complicirt erscheinen. Man kann indessen diese Formel, welche, abgesehen von der Anwendung auf die Biegungstheorie von allgemeinem Nutzen ist, weil auch bei andern Gelegenheiten, z. B. in der Stereotomie, Sinusoiden eine Rolle spielen, in allgemeiner Form entwickeln.

Die allgemeine Gleichung einer solchen Curve heißt:

$$y = A \sin Bx,$$

woraus sich ergiebt:

$$dy = AB \cos Bx \,.\, dx.$$

Daher ist die Differentialgleichung der Are der Sinusoide:

$$ds = (dx^2 + dy^2)^{1/2} = (1 + A^2 B^2 \cos^2 Bx)^{1/2}\, dx.$$

Zur Integration des Ausdruckes auf der rechten Seite kann man ihn nach dem Newton'schen Binom entwickeln; es wird sich nämlich ohne Schwierigkeit zeigen lassen, daß die Bedingungen der Convergenz der Reihe erfüllt sind, wie dies schon nach der geometrischen Natur der Aufgabe einleuchtend ist. Nun ist im Allgemeinen

$$(1+\alpha)^{1/2} = 1 + \frac{\alpha}{2} - \frac{1.1}{1.2}\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 + \frac{1.1.3}{1.2.3}\left(\frac{\alpha}{2}\right)^3 - \frac{1.1.3.5}{1.2.3.4}\left(\frac{\alpha}{2}\right)^4 + \ldots,$$

folglich erhält man:

$$(1 + A^2B^2\cos^2 Bx)^{1/2} = 1 + \frac{A^2B^2}{2}\cos^2 Bx - \frac{1}{1.2}\left(\frac{A^2B^2}{2}\right)^2 \cos^4 Bx + \frac{1.1.3}{1.2.3}\left(\frac{A^2B^2}{2}\right)^3 \cos^6 Bx - \frac{1.1.3.5}{1.2.3.4}\left(\frac{A^2B^2}{2}\right)^4 \cos^8 Bx + \ldots$$

Das Bildungsgesetz der einzelnen Glieder dieser Reihe ist sehr einfach und das Integral wird durch Integration der einzelnen mit dx multiplicirten Glieder der Reihe erhalten. Setzt man $z = Bx$, so ist

$$\int \cos^m Bx\, dx = \frac{1}{B}\int \cos^m Bx \,.\, d\,Bx = \frac{1}{B}\int \cos^m z\, dz,$$

und da

$$m\int \cos^m z\, dz = \sin z \cos^{m-1} z + (m-1)\int \cos^{m-2} z\, dz,$$

so läßt sich mit Hilfe dieser Formel der Grad der Integrale nach und nach um zwei Einheiten reduciren. Da nun alle Werthe von m gleiche Zahlen sind, so hängen die Integrale, auf welche man hierbei geführt wird, von dem einzigen bekannten Integral für $m = 2$ ab, nämlich

$$2\int \cos^2 z\, dz = z + \sin z \cos z.$$

Man könnte somit ohne Schwierigkeit die Rectification eines beliebigen Sinusoidenbogens ausführen; wir brauchen aber nur die Rectificationen eines Ganges, also den Werth des Ausdruckes:

$$\int_0^\pi \cos^m z\, dz$$

und die Formeln reduciren sich also auf folgende:

$$m\int_0^\pi \cos^m z\, dz = (m-1)\int_0^\pi \cos^{m-1} z\, dz$$

und

$$2\int_0^\pi \cos^2 z\, dz = \pi.$$

Da man an beiden Grenzen der Integration, 0 und π, $\sin z = 0$ hat, so ergiebt sich:

$$4\int_0^\pi \cos^4 z\, dz = 3\int_0^\pi \cos^2 z\, dz = 3\,\frac{\pi}{4},$$

$$6\int_0^\pi \cos^6 z\, dz = 5\int_0^\pi \cos^4 z\, dz = \frac{5.3}{4.2}\pi,$$

$$8\int_0^\pi \cos^8 z\, dz = 7\int_0^\pi \cos^6 z\, dz = \frac{7.5.3}{6.4.2}\pi.$$

Geht man also auf die ursprüngliche Bezeichnung zurück, so erhält man:

$$\int_0^{\frac{\pi}{B}} \cos^2 Bx \,.\, dx = \frac{\pi}{B}\cdot\frac{1}{2},$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{B}} \cos^4 Bx \,.\, dx = \frac{\pi}{B}\cdot\frac{1.3}{4.2},$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{B}} \cos^6 Bx\,dx = \frac{\pi}{B} \cdot \frac{5.3.1}{6.4.2}, \qquad \int_0^{\frac{\pi}{B}} \cos^8 Bx\,dx = \frac{\pi}{B} \cdot \frac{7.5.3.1}{8.6.4.2} \text{ u. s. w.}$$

Hiernach ist also die Länge eines Sinusoidenbogens zwischen den Grenzen 0 und $\frac{\pi}{B}$:

$$S = \frac{\pi}{B} + \frac{\pi}{B}\left(\frac{AB}{2}\right)^2 \left[1 - 3\left(\frac{1}{2}\right)^2\left(\frac{AB}{2}\right)^2 + 5\left(\frac{3}{2.3}\right)^2\left(\frac{AB}{2}\right)^4 - 7\left(\frac{3.5}{2.3.4}\right)^2\left(\frac{AB}{2}\right)^6 + \ldots\right]$$

Mittelst dieser Reihe kann man mit genügender Genauigkeit alle auf die Biegung der Prismen Bezug habenden Fragen lösen, vorausgesetzt, daß die gewöhnlichen Hypothesen als giltig angenommen werden. Dieser Ausdruck enthält zwei Unbekannte A und B, deren Werth sich aus den Bedingungen für jeden speciellen Fall besonders ergiebt.

Für den Fall, wo blos die beiden Endpunkte des Prismas in der Richtung der ursprünglichen Axe bleiben, giebt die vorstehende Formel die Länge der mittelsten Faser oder Axe nach der Biegung. Sind aber 1, 2, 3 ... andere Punkte der mittelsten Faser auf dieser ursprünglichen Linie geblieben, so wird die Länge der gebogenen Axe 2, 3, 4... mal so groß, als obige Formel sagt.

Soll die ursprüngliche Länge sich nicht geändert haben, so setzt man obigen Ausdruck dieser ursprünglichen Länge gleich.

Will man ausdrücken, daß das obere Ende, welches sich in einer Höhe H befand, nur noch in der Höhe h liege, so wird man diese neue Höhe $= \frac{n\pi}{B}$ schreiben, wenn n die Zahl der Windungen bedeutet. Ist die größte Durchbiegung gegeben, so hat man unmittelbar den Werth von A u. s. w.

Bei der Lösung derartiger Aufgaben kann man auf transscendentale Gleichungen stoßen, welche die Unbekannte in unendlichen Potenzen enthalten. Da jedoch die Reihe sehr stark convergent ist, so wird es mit Hilfe einer der gewöhnlichen Näherungsmethoden gelingen, den Werth der Unbekannten zu ermitteln.

Die im Vorstehenden entwickelte Formel zeigt, daß jede Veränderung im Werthe von B oder in der Intensität der Kraft N nothwendig eine Veränderung in der Form der Sinusoiden und im Abstande des obersten Endes der mittelsten Faser vom unteren Ende derselben herbeiführen müsse. Sie beseitigt also das Paradoxon, auf welches die gewöhnliche Theorie hinauszulaufen scheint, nämlich daß das Gleichgewicht nur bei gewissen, in discontinuirlicher Weise wachsenden Werthen von N möglich sei und durch eine sehr geringe Vermehrung der Kraft ein Bruch des Prismas herbeigeführt werde.

Man kann die discutirte Gleichung auf eine sehr einfache und in der Praxis sehr bequeme Form schreiben, indem man durch Umformungen, auf welche hier nicht näher einzugehen nöthig ist, auf die Gleichung

$$Ny^2 + \mu(\text{tg}^2\vartheta - \text{tg}^2\vartheta_0) = 0$$

gelangt, in welcher ϑ den Winkel bezeichnet, den die Tangente an die Curve der gebogenen mittelsten Faser mit der x Axe macht, und ϑ_0 derjenige Winkel ist, welcher dem unteren Ende des Prismas entspricht.

Um die Maximalausbiegung zu berechnen, hat man die Gleichung

$$Nf^2 - \mu\,\text{tg}\,\vartheta_0 = 0$$

zu lösen.

(Revue universelle, 9. Année, 1 livr.)

Der Widerstand der Luft gegen bewegte Körper.

Von

A. Samuelson, Ingenieur in Hamburg.

(Hierzu Tafel 24.)

Als ich vor einigen Jahren den Versuch machte, gewisse Naturvorgänge, bei welchen der Widerstand der Luft gegen bewegte Körper eine Rolle spielt, in mathematischen Formeln darzustellen, mußte ich zu der Ansicht gelangen, daß die bisher angewendeten Formeln für diesen Widerstand kein Bild des Naturgesetzes selbst geben, und daß überhaupt seine Gesetze bis jetzt nur mangelhaft erkannt worden sind. Trotz dieser ziemlich anerkannten Thatsache könnte es indessen für einen Ingenieur höchst bedenklich erscheinen, sich mit einem Gegenstande zu beschäftigen, an welchem sich große Wissenschaftsmänner vergeblich versucht haben. Es haben daher die folgenden Rechnungen auch nur den Zweck, zu zeigen, daß die bisherige Auffassung der bei dem Widerstande unbegrenzter Medien auftretenden Erscheinungen eine ungenügende ist und durch eine andere, vollständig abweichende und richtigere, d. h. der Wirklichkeit mehr entsprechende, ersetzt werden kann. Ich bitte dabei um Nachsicht, wenn ich mich in einem oder dem anderen Punkte geirrt haben sollte.

Ableitung der Grundgleichung.

Man denke sich eine unendlich lange Röhre von überall gleichem Querschnitt. In derselben bewege sich dicht schließend und ohne Reibung eine Scheibe (Kolben) ohne Dicke mit einer variabeln Geschwindigkeit, welche jedoch plötzlichen Aenderungen nicht unterworfen ist. Der ganze Weg des Kolbens wird als nicht sehr groß gedacht.

Es mag nun mit Hilfe der mechanischen Wärmelehre ermittelt werden, welchen Widerstand die in dieser Röhre vor und hinter der bewegten Scheibe befindliche Luft dieser entgegensetzt.

Der Querschnitt des Rohrs sei A (Fig. 1). Es habe sich der Kolben bereits um die Größe z aus seiner Ruhelage entfernt. Während nun die Zeit um ein Differential wächst, wollen wir eine Luftschicht TT_1 in der Entfernung x von der Scheibe betrachten. In dieser Schicht herrsche in dem besprochenen Augenblicke die variable Spannung q, und die Cubikeinheit Luft habe bei dieser Spannung die ebenfalls variable Masse m. q ist als Function von x und z gedacht, welche ihrerseits unabhängig Variable, oder beide von der Zeit abhängig sind.

In dem besprochenen Augenblick wirkt auf diese sehr dünne Schicht TT_1 als beschleunigende Kraft die Differenz der Pressungen, welche ihre Endflächen TT und T_1T_1 erleiden, als beschleunigte Masse ist die Masse der Schicht TT_1 selbst in Rechnung zu bringen.

Wenn nun die Dicke der Schicht $dx + dz$ ist, dann bedingt dieses Increment von $x + z$ für q eine Veränderung um dq. Es ist mithin die auf die Schicht vom Querschnitt A und der Dicke $dx + dz$ bewegend einwirkende Kraft:

$$A\,dq.$$

Die bewegte Masse der Schicht ist:

$$A\,(dx + dz)\,.\,m.$$

Mithin die Acceleration:

$$\varphi = \frac{dq}{(dx + dz)\,.\,m}. \qquad (1)$$

Wir denken uns nun die Bewegung so rasch vor sich gehend, daß die einzelnen Luftschichten, welche je nach ihrer Entfernung vom Kolben verschiedene Spannungen und dadurch verschiedene Temperaturen annehmen, nicht Zeit haben, ihre Wärme durch Leitung auszutauschen; daß vielmehr jede einzelne Schicht während der Bewegung diejenige Temperatur wirklich hat, welche sie beim Uebergange aus der natürlichen Spannung P der Atmosphäre in die Spannung q ohne Wärmeverlust annehmen würde.

Nun lehrt aber die mechanische Wärmelehre, daß, wenn ein Gas von der Spannung P in die Spannung q ohne Zuführung oder Abgabe von Wärme übergeht und man das P entsprechende Volumen dieses Gases durch $\mathfrak{V}$, das q entsprechende Volumen durch $\mathfrak{v}$ bezeichnet, die Gleichung stattfindet:

$$\frac{q}{P} = \left(\frac{\mathfrak{V}}{\mathfrak{v}}\right)^{\varkappa},$$

wo $\varkappa$ den Quotienten der beiden Wärmecapacitäten des Gases bezeichnet, so daß:

$$\varkappa = \frac{c}{c_1}.$$

c ist die Wärmecapacität bei gleichem Druck, c_1 die bei gleichem Volumen.

Es ist aber offenbar:

$$\frac{\mathfrak{V}}{\mathfrak{v}} = \frac{m}{M},$$

wenn M die der natürlichen Spannung P entsprechende Masse der Cubikeinheit bezeichnet; daher:

$$\frac{q}{P} = \left(\frac{m}{M}\right)^{\varkappa} \text{ oder:}$$

$$m = M\left(\frac{q}{P}\right)^{\frac{1}{\varkappa}}.$$

Dieses für m in (1) eingesetzt, giebt:

$$\varphi = \frac{P^{\frac{1}{\varkappa}}}{M} \cdot \frac{dq}{q^{\frac{1}{\varkappa}} \cdot (dx + dz)}.$$

Da aber (dx + dz) der Weg ist, welchen die Schicht in dem Zeitelement zurücklegt, so kann man, wenn u ihre Geschwindigkeit ist, für φ setzen:

$$\varphi = \frac{u\,du}{dx + dz}; \text{ und also:}$$

$$\frac{u\,du}{dx + dz} = \frac{P^{\frac{1}{\varkappa}}}{M} \cdot \frac{dq}{q^{\frac{1}{\varkappa}} \cdot (dx + dz)}; \text{ oder:}$$

$$u\,du = \frac{P^{\frac{1}{\varkappa}}}{M} \cdot \frac{dq}{q^{\frac{1}{\varkappa}}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Diese Differentialgleichung ist giltig für jeden Werth von x und auch von z; und da u und q beide Functionen sowohl von z als von x sind, so kann diese Gleichung auch partiell integrirt werden, d. h. die Integrale müssen auf beiden Seiten gleich sein, wenn man im Stande ist, auf beiden Seiten für die Veränderung nach x allein bestimmte, zusammen eintretende Grenzen festzustellen.

Man hat links zwei solche bekannte Werthe. Es ist nämlich die Geschwindigkeit der den Kolben berührenden Luftschicht gleich der Geschwindigkeit des Kolbens, welche durch v bezeichnet werden mag (bei x = 0); während die Geschwindigkeit einer sehr weit entfernten Luftschicht, auf welche sich die Bewegung wegen ihrer Entfernung nicht mehr verpflanzt, = Null ist (wenn x sehr groß).

Dagegen ist rechts für x = 0 der Werth von q diejenige von uns gesuchte Spannung, welche auf den Kolben übertragen wird und durch p bezeichnet werden mag, während in großer Entfernung vom Kolben q = der natürlichen Spannung P ist. Es ist also:

$$\int_0^v u\,du = \frac{P^{\frac{1}{\varkappa}}}{M} \int_P^p \frac{dq}{q^{\frac{1}{\varkappa}}}; \text{ integrirt:}$$

$$\frac{v^2}{2} = \frac{P^{\frac{1}{\varkappa}}}{M} \cdot \frac{p^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} - P^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}}{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}.$$

Da $M = \frac{\gamma}{g}$ ist, wenn γ das Gewicht der Cubikeinheit Luft, g die Acceleration der Schwere bezeichnet, so ist:

$$p^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} = \frac{\varkappa-1}{\varkappa} \cdot \frac{\gamma}{2g} \cdot \frac{1}{P^{\frac{1}{\varkappa}}} \cdot v^2 + P^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}, \quad (3)$$

$$p = \left[\frac{\varkappa-1}{\varkappa} \cdot \frac{\gamma}{2g} \cdot \frac{1}{P^{\frac{1}{\varkappa}}} \cdot v^2 + P^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}\right]^{\frac{\varkappa}{\varkappa-1}}. \quad (4)$$

Dies ist die Spannung, welche **unmittelbar vor** dem Kolben stattfindet und daher auf denselben übertragen wird.

Es ist nun noch zu bestimmen, welche Spannung **hinter** dem Kolben stattfindet.

Es sei also (Fig. 2) wieder TT_1 eine Schicht, welche um x_1 hinter dem Kolben sich befindet. Der Kolben hat den Weg z zurückgelegt. Im Uebrigen gelten dieselben Bezeichnungen, nur mit einem Index versehen. Die Schicht habe die Dicke $(dx_1 + dz)$, dann ist die auf TT_1 bewegend wirkende Kraft:

$$A\,dq_1,$$

die bewegte Masse der Schicht:

$$A\,(dx_1 + dz)\,m,$$

daher die hier negativ zu nehmende Acceleration:

$$\varphi_1 = -\frac{dq_1}{(dx_1 + dz)\,m_1}.$$

Für φ_1 kann dann wieder gesetzt werden:

$$\varphi_1 = \frac{u_1\,du_1}{dx_1 + dz}$$

und dann ist, da von m_1 dasselbe gilt wie von m:

$$-u_1\,du_1 = \frac{P^{\frac{1}{\varkappa}}}{M} \cdot \frac{dq_1}{q_1^{\frac{1}{\varkappa}}}.$$

Es kann dann wieder links zwischen u = 0 und u = v, und rechts zwischen $q_1 = p_1$ und $q_1 = P$ integrirt werden. Es ist also:

$$-\int_0^v u_1\,du_1 = \frac{P^{\frac{1}{\varkappa}}}{M}\cdot\int_p^{p_1}\frac{dq}{q^{\frac{1}{\varkappa}}}$$

$$\frac{v^2}{2} = \frac{P^{\frac{1}{\varkappa}}}{M}\cdot\frac{P^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} - p_1^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}}{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} \quad \text{oder:}$$

(5) $$p_1 = \left[P^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} - \frac{\varkappa-1}{\varkappa}\,\frac{\gamma}{2g}\cdot\frac{1}{P^{\frac{1}{\varkappa}}}\cdot v^2\right]^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}.$$

Der auf den Kolben wirkende Widerstand ist nun gleich der Differenz der Spannungen p und p_1 multiplicirt mit dem Querschnitt, also:

(6) $$W = A\,(p - p_1).$$

Sämmtliche Größen in Gleichung (4) und (5) außer v sind für eine und dieselbe Gasart constante Zahlenwerthe.

Es ist nämlich für atmosphärische Luft:

P in Kilogr. pro Quadratmeter $= 10330$
$\gamma =$ Gewicht von 1 Cubikmeter Luft $= 1{,}293$
g in Metern . . . . $= 9{,}81$
$\varkappa = \frac{c}{c_1} = \frac{0{,}237}{0{,}169}$ . . . . . . $= 1{,}41$

Hiernach berechnet sich:

$$\frac{1}{\varkappa} = 0{,}70922$$
$$\frac{\varkappa-1}{\varkappa} = 0{,}29145$$
$$\frac{\varkappa}{\varkappa-1} = 3{,}43902$$
$$\frac{\gamma}{2g} = 0{,}065902$$
$$P^{\frac{1}{\varkappa}} = 701{,}815$$
$$P^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} = 14{,}69675$$

Die ganze Gleichung lautet also, wenn man der Kürze halber setzt:

$$\frac{\varkappa-1}{\varkappa}\cdot\frac{\gamma}{2g}\cdot\frac{1}{P^{\frac{1}{\varkappa}}} = \mu,$$

erstens allgemein für jedes vollkommene Gas:

I. $$W = A\left[P^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} + \mu v^2\right]^{\frac{\varkappa}{\varkappa-1}} - A\left[P^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} - \mu v^2\right]^{\frac{\varkappa}{\varkappa-1}}$$

und zweitens speciell für atmosphärische Luft bei einem Barometerstande von 0,76 Meter und für französisches Maaß und Gewicht*):

$$W = A\left\{(14{,}696734 + 0{,}0000272637\,v^2)^{3{,}4390240} - (14{,}696734 - 0{,}0000272637\,v^2)^{3{,}4390240}\right\} \quad . . \text{ II.}$$

Dieser Widerstand wird durch plötzliche Geschwindigkeitsänderungen nicht geändert, denn es theilt sich ein Stoß nur der den Kolben unmittelbar berührenden Luftschicht mit; alle anderen ändern ihre Geschwindigkeit trotzdem allmälig.

Es wäre nun wünschenswerth, statt der unbequemen Gleichungen I. und II. etwas passendere für eine Zahlenrechnung zu haben.

Die Gleichung I. läßt sich einfach schreiben:

$$\frac{W}{A} = (a+b)^n - (a-b)^n.$$

Dieser Ausdruck läßt sich nach dem binomischen Lehrsatze in eine Reihe entwickeln:

$$\frac{W}{A} = 2\left\{\frac{1}{n}\cdot a^{n-1}\,b + \frac{n\,.\,(n-1)\,(n-2)}{1\,.\,2\,.\,3}\cdot a^{n-3}\,b^3 + \ldots\ldots\right\}.$$

Ist nun b ein kleiner Bruch, a dagegen eine größere Zahl, wie das bei Geschwindigkeiten bis zu 100 Metern jedenfalls der Fall ist, so verschwindet schon das zweite Glied gegen das erste und man kann setzen:

$$\frac{W}{A} = 2\,n\,a^{n-1}\,.\,b,$$

oder wenn die Werthe für a, b und n wieder eingesetzt werden:

$$\frac{W}{A} = 2\,.\,\frac{\varkappa}{\varkappa-1}\,.\,P^{\frac{1}{\varkappa}}\,.\,\mu\,v^2,$$

und wenn auch für μ sein Werth gesetzt wird:

$$W = A\,.\,\frac{\gamma}{g}\,v^2 \,.\;.\;.\;.\;.\;. \quad \text{III.}$$

Diese Gleichung stimmt auf's Genaueste mit der gebräuchlichen Formel zur Berechnung des Widerstandes in unbegrenzter Luft überein. Die letztere hat gewöhnlich folgende Form:

$$W = \zeta\,\frac{\gamma}{2g}\,.\,A\,.\,v^2,$$

wo dann ζ ein Erfahrungscoefficient ist, welcher nahe an 2 angegeben wird, manchmal etwas größer, manchmal kleiner als 2.

Die Gleichung III. kann also bis auf Weiteres als ein Mittelwerth gelten.

Um nun ungefähr einen Begriff zu geben, für welche Werthe von v die abgekürzte Form der Gleichungen I. und II. noch zuläßig ist, ist nach Gleichung II., also für die Verhältnisse unserer Atmosphäre an der Erdoberfläche eine Tabelle für den Widerstand pro 1 Quadratmeter Fläche bei verschiedenen Geschwindigkeiten berechnet, und es sind die

*) Die Zahlenwerthe sind deshalb auf so viele Decimalen berechnet, weil die Gleichung mit einer Näherungsformel verglichen werden soll.

Widerstandsgrößen mit den sich aus Gleichung III. für dieselben Verhältnisse ergebenden zusammengestellt worden.

Die erste Columne giebt Vorgänge in der Natur an, bei welchen jene Geschwindigkeiten vorkommen.

	Geschwindigkeit pro Secunde in Metern.	Widerstand gegen eine ebene Fläche von 1 Qu.-Met. in Kilogr.	
		nach Gleichung II.	nach Gleichg. III.
Kaum fühlbarer Luftzug.	1	0,1318	0,1318
Guter Segelwind.	10	13,180	13,180
Tropischer Orcan.	50	329,52	329,51
Wurfgeschosse.	100	1318,32	1318,04
Wurfgeschosse und Geschützkugeln.	200	5289,1	5272,2
Geschützkugeln.	300	12056	11862
	400	22174	21089
	500	37086	32951
	600	59758	47449
Luftleere hinter dem Bewegten.	734,3	112034	71062
Kosmische Geschwindigkeit.	10000	665406460000	13180426

Diese Tabelle ist insofern interessant, als sie zeigt, daß für alle Geschwindigkeiten bis zu 100 Metern die Formel III., vielleicht mit einem Erfahrungscoefficienten berichtigt, vollkommen genau ist. Dieselbe kann sogar bis zu 300 oder 400 Metern Geschwindigkeit noch annähernd gelten, obgleich bei 300 Metern das Resultat schon fast 2 Procent von der Wirklichkeit abweicht.

Für größere Geschwindigkeiten als 400 Meter wird die Formel sehr rasch unrichtig. Namentlich für ganz große, sogenannte kosmische Geschwindigkeiten giebt dieselbe gar keinen Begriff mehr von dem wirklichen Widerstande.*)

Es ist sodann noch zu bemerken, daß für die Geschwindigkeit 734 Meter der zweite Theil der Gleichung II. = 0 wird, und bei vergrößerter Geschwindigkeit 0 bleibt, da hinter der bewegten Scheibe ein luftleerer Raum entsteht.

Die bisherigen Versuche.

Die Versuche und Beobachtungen über diesen Gegenstand haben die verschiedensten und einander widersprechendsten Resultate geliefert. Ihre Beurtheilung ist daher schwierig und ich habe es für zweckmäßig erachtet, dieselbe für jetzt zu unterlassen, indem ich mir vorbehalte, in einem späteren Aufsatze darauf zurückzukommen. Ich will daher hier nur so viel sagen, daß ich nach Abwägung aller Verhältnisse zu dem Schlusse gekommen bin, daß für den Fall der rechtwinkligen Bewegung einer ebenen Fläche von sehr geringer Dicke in ruhender unbegrenzter Luft, oder für den Fall, daß die Fläche still steht und die Luft sich in allen ihren Theilen parallel und ohne Richtungsschwankungen bewegt, der Erfahrungscoefficient zu Gleichung III. sehr nahe = 1 zu setzen ist.

Zu demselben Resultat kam Newton, welcher zuerst den Widerstand der Luft einer eingehenderen Betrachtung unterzog. Fast alle späteren Beobachter kamen zu anderen Resultaten.

Um daher meine Ansicht doch vorläufig etwas zu begründen, will ich eine von Thiebault durch Versuche gefundene Tabelle für den Druck des Windes gegen Platten hierher setzen (siehe flgde. Seite). Es sind dieses die einzigen mir bekannten, mit Platten angestellten Versuche, bei denen die Temperatur und der Barometerstand angegeben sind.

Die letzte Columne giebt den nach jedem Versuch berechneten Erfahrungscoefficienten μ zu Gleichung III. an, so daß:

$$W = \mu \frac{\gamma}{g} . A v^2. \qquad (7)$$

Die Coefficienten der letzten Columne sind auf folgende Art berechnet:

1 Cubikmeter Luft bei 0^0 und 0,76 Meter Barometerstand wiegt (nach einer Tabelle in Scheffler's Hydraulik) 1,299020 Kilogramm.

Es ist nach Mariotte und Gay Lussac:

$$\frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{p}{p_0} . \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t},$$

*) Es dürfte dieser letzte Umstand nicht ohne Interesse sein für die richtige Beurtheilung derjenigen Vorgänge, welche sich mit den kleinen Weltkörpern ereignen, die mit ähnlichen Geschwindigkeiten unsere Atmosphäre durchschneiden. Schon bei 10000 Metern, welches noch nicht ein Drittel der Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn um die Sonne erreicht, giebt die Formel III. nur etwa ein Fünfzigtausendtel des wirklichen Widerstandes an, den ein solcher Himmelskörper erleiden würde, wenn es möglich wäre, daß derselbe mit einer derartigen Geschwindigkeit bis zur Erdoberfläche gelangen könnte. Aber auch in den oberen dünneren Schichten der Atmosphäre müssen diese Körper durch die starke Compression der Luft und die dadurch erzeugte hohe Temperatur in Gluth gerathen und verzehrt werden, meistens ehe sie die Erde erreichen.

Fläche. Quadratmeter.	Geschwindigkeit des Windes. Meter.	Barometerstand. Meter.	Temperatur in Centesimalgraden.	Widerstand beobachtet. Kilogr.	Berechneter Erfahrungscoefficient μ.
1089	4,177	0,766	19°	0,22250	0,938
1089	4,854	0,751	18	0,24960	0,792
1089	4,955	0,746	15	0,25766	0,782
2304	4,253	0,747	14,5	0,44812	0,870
1089	8,219	0,752	14,5	0,92033	1,005
1089	5,602	0,749	15	0,44892	1,062
2304	1,829	0,736	9,4	0,09300	0,973

wenn nämlich t_0, p_0 und γ_0 bekannte zusammengehörige Werthe von Temperatur, Spannung und Gewicht der Cubikeinheit bezeichnen, t, p und γ aber andere Werthe derselben, und $\alpha = 0{,}003665$ ist (nach Regnault, und entnommen: Zeuner's Wärmelehre).

Hiernach ist für den ersten Versuch:

$$\gamma = 1{,}229020 \times \frac{0{,}766}{0{,}760} \times \frac{1}{1 + 0{,}003665 \times 19}$$

$$\gamma = 1{,}22404.$$

Dann ist nach Gleichung III:

$$W = \mu \frac{\gamma}{g} A v^2$$

$$\mu = \frac{0{,}22250 \times 9{,}8088}{1{,}22404 \times 0{,}1089 \times (4{,}177)^2}$$

$$\mu = 0{,}93841.$$

Wenn man bedenkt, daß die Platten an der hinteren Fläche nicht ganz frei sein können, sondern Federn und andere Ansätze zur Befestigung haben müssen, was, wie man in der Folge sehen wird, einen eben so großen Einfluß haben kann, als befänden sich diese Gegenstände an der vorderen Fläche der Platte, wenn man ferner bedenkt, daß der Wind nahe an der Erdoberfläche steten Richtungsschwankungen unterworfen ist, welche ohne Zweifel den Druck herabziehen, so wird diese Tabelle vor der Hand meine Behauptung wahrscheinlich genug erscheinen lassen.

Für Meter und Kilogramme, und wenn der Druck der Atmosphäre der gewöhnliche bei gutem Wetter ist, also 760 Millimeter, und die Temperatur eine mittlere von 10° Cels., so hat man:

$$W = 0{,}1278\, F v^2.$$

Ist bei starkem Frost und klarem Wetter der Barometerstand 770 Millimeter und die Temperatur ÷ 20° Cels., so hat man:

$$W = 0{,}1448\, F v^2.$$

Dagegen bei 30° Wärme und 740 Millimetern Barometerhöhe — ein Zustand der Atmosphäre, wie er Stürmen vorherzugehen pflegt — hat man:

$$W = 0{,}1162\, F v^2.$$

Wenn also der erste Widerstand unter gewöhnlichen Verhältnissen = 1 ist, so schwankt je nach der sich innerhalb der gewöhnlichen Grenzen verändernden Temperatur und Spannung der Luft dieser Widerstand zwischen:

1,13 und 0,91.*)

Noch eine Veränderlichkeit dieses Widerstandes bewirkt der Wassergehalt der Luft. Leider ist das Verhalten des überhitzten Wasserdampfes bis jetzt noch nicht hinreichend bekannt, um sich ein Urtheil darüber zu bilden, welchen Einfluß derselbe auf die Coefficienten und Exponenten der Gleichungen I. und II. hat. Der Wassergehalt der Luft kann vielleicht auch theilweise die Ursache sein, daß Piobert und Andere durch Beobachtung an Geschützkugeln den Widerstand weit stärker mit der Geschwindigkeit wachsend fanden, als dies nach Gleichung II. der Fall sein könnte, obgleich dieses, wie weiter unten gezeigt wird, auch noch eine andere Ursache haben kann.

In jedem Falle aber wird bis zu etwa 50 Meter Geschwindigkeit die Gleichung III. für ebene und sehr dünne Flächen richtig sein, sobald man nur die wirklichen Werthe von γ nimmt. Hierzu aber ist es, wie man gesehen hat, durchaus nöthig, die Temperatur und den Barometerstand zu kennen, wenn das Resultat irgend Anspruch auf Genauigkeit machen soll.

Widerstand gegen eine geneigte Fläche.

Um sich eine richtige Ansicht über diesen Widerstand zu bilden, muß man sich zuerst Gewißheit darüber verschaffen, wie das Verhältniß der Spannungen vor und hinter dem Bewegten ist, d. h. ein wie großer Theil des Widerstandes auf die Vorderfläche, und wieviel auf die Hinterfläche wirkt. Es ist daher für die nämlichen Ge-

*) Man sieht, daß die Schwankungen im Ganzen über 20% betragen und in vielen Fällen groß genug sind, um von den Vögeln beim Fliegen empfunden zu werden, und begreift daher, weshalb einige Vögel Wetterpropheten sind.

schwindigkeiten, wie oben, eine Tabelle nach Gleichung II. berechnet, welche die Spannungen der Luft vor und hinter der Scheibe in Kilogr. pro Quadratmeter und in Atmosphären angiebt. Es sind sodann die Unterschiede der ersteren gegen die natürliche Spannung der Atmosphäre hinzugefügt.

Geschwindigkeit v. Meter.	Spannung vor der bewegten Fläche.		Spannung hinter der bewegten Fläche.		Differenz gegen die natürl. Spannung $p - 10330$.	Differenz gegen die natürl. Spannung $10330 - p_1$.
	p in Kilogr. pro Qu.-Meter.	p in Atmosph.	p_1 in Kilogr. pro Qu.-Meter.	p_1 in Atmosph.		
1	—	—	—			
10	10336,6	—	10323,4	—	6,6	6,6
50	10496	1,016	10166	0,984	166	164
100	11004	1,094	9686	0,938	674	644
200	13213	1,279	7924	0,767	2883	2572
300	17567	1,704	5512	0,534	7237	4818
400	25252	2,444	3077	0,298	14922	7253
500	38297	3,707	1212	0,117	27967	9118
600	59991	5,675	233	0,023	49661	10097
734,3	112034	10,846	0	0,000	101704	10330

Da, wie man aus dieser Tabelle sieht, bis zu 100 Meter Geschwindigkeit die Differenz der natürlichen Spannung der Atmosphäre und der einerseits durch die Compression, andererseits durch die Expansion hervorgebrachten Spannung vor und hinter der bewegten Fläche nahezu einander gleich sind, so wird man annehmen können, daß die Verhältnisse der comprimirten und expandirten Luft innerhalb dieser Grenzen in jeder Beziehung die nämlichen sind.

Es bewege sich nun eine sehr dünne ebene Fläche (Fig. 3) in der Richtung AB in unbegrenzter Luft und bilde mit der Bewegungsrichtung einen Winkel α. Die Fläche mag als Element einer größeren betrachtet werden und ist daher immer rechteckig. Die Bewegung wird stets geradlinig und vor der Hand auch gleichförmig vorausgesetzt. Die erstere Voraussetzung ist nothwendig, die zweite nicht, denn bei ungleichförmiger Bewegung gilt alles Folgende für das Element der Zeit.

In der Zeiteinheit gelangt die Fläche von A nach B. Ihre Verticalprojection ist D_2E_2, ihre Horizontalprojection D_1E_1.

Ich nehme nun an, daß die Luft in parallelen und geradlinigen Fäden oder Strahlen ausweicht, deren jeder das Gesetz befolgt, wie die Luft in der oben erörterten Röhre, daß diese Strahlen aber einen noch unbestimmten Winkel mit der Bewegungsrichtung AB einschließen, und daß auch ihre Richtung, d. h. die Ebene dieses Winkels noch unbestimmt ist.

Wenn auch die Lufttheilchen auf krummer Bahn fortgedrängt werden, so gilt diese Hypothese für die ersten Elemente dieser Bahn und alles Folgende ist auch dann noch richtig.

$S_2A_2L_2$ ist die Verticalprojection eines solchen Luftstrahls; $S_1A_1L_1$ seine Horizontalprojection. Da die Verlängerung jedes comprimirten Strahls nach hinterwärts immer ein expandirter ist, so werde ich der Kürze halber nur die Compression berücksichtigen, denn es paßt alles Folgende Wort für Wort sowohl für die Hälfte AS, als für die Hälfte AL des Strahls, welche beide an der Erzeugung des Widerstandes innerhalb der oben erwähnten Grenzen gleichen Antheil haben.

Die Geschwindigkeit der Fläche $AB = A_1B_1 = A_2B_2$ sei v. Dann findet man die Geschwindigkeit, mit welcher der Strahl zusammengedrückt wird, und welche daher dem v in Gleichung III. entspricht, indem man die Ebene FG, in welcher sich die Scheibe am Ende der Zeiteinheit befindet, ausdehnt, bis sie den Strahl SAL in C schneidet. Die Projectionen dieses Punktes sind durch C_1 und C_2 bezeichnet. Wenn nun der Strahl den rechtwinkligen Querschnitt f hat, so ist nach Gleichung III. der Widerstand, welchen er in jedem Augenblicke der Compression entgegensetzt:

$$\frac{\gamma}{g} . f . \overline{AC}^2 .$$

Während der Bewegung von A nach B durchschreitet die Fläche einen parallelepipedischen Raum DEFG. Es wird also der Strahl AL um das Stück AH comprimirt, ein anderer z. B. um das Stück IK. Da nun der Inhalt des Parallelepipedes ist:

$$F . v . \sin\alpha ,$$

wenn F die Fläche der Scheibe bezeichnet, so ist die Summe der Längen, um welche sämmtliche Strahlen comprimirt werden:

$$\frac{F v \,.\, \sin\alpha}{f}.$$

Hiermit muß man den Gegendruck jedes Strahls gegen die Fläche multipliciren, um die Gesammtarbeit der Compression zu erhalten. Diese ist also (in der Zeiteinheit):

$$L = \frac{\gamma}{g} F v \overline{AC}^2 \sin\alpha. \tag{8}$$

Der Weg dieser Arbeit seitens der Scheibe ist aber ein anderer als AC; denn es schiebt jedes Flächenelement den mit ihm gerade in Berührung befindlichen Luftkörper — einerlei welchen — fortwährend in der Richtung AL fort, während das Flächenelement selbst in der Richtung AB fortgeht. Es muß daher die Geschwindigkeit AB parallel und rechtwinklig zu AL zerlegt werden, und die erstere Componente ist als Weg der von der Scheibe verrichteten Arbeit anzusehen.

Sollte dieses noch nicht klar sein, so denke man sich wie in Fig. 4 sämmtliche Strahlen nebeneinander gezeichnet und ihre Mittellinien gezogen. Wenn dann der AC benachbarte Strahl ebenso von dem Flächenelement bedeckt werden soll, wie nun der Strahl AC von ihm bedeckt wird, so muß das Flächenelement in der Richtung der ausweichenden Luft um Aa vorrücken, während seine Verschiebung rechtwinklig zu der ausweichenden Luft nicht in Betracht kommt. Die Summe dieser Längen Aa oder die erwähnte Componente von v findet man, indem man von B aus eine Normale auf den Strahl AL zieht. AL ist dann dieser Weg. L_1 und L_2 sind die Projectionen des Punktes L und der Widerstand ist demnach:

$$W = \frac{\gamma}{g} \,.\, \frac{F . v . \overline{AC}^2 \sin\alpha}{AL}. \tag{9}$$

Es sind nun AC und AL durch bekannte Größen auszudrücken.

Es sei β_1 der (gezeichnete) Winkel, welchen die Horizontalprojection des Strahls mit $A_1 B_1$ bildet, β_2 derjenige der Verticalprojection. Dann ist die wirkliche Länge:

$$\overline{AC} = \frac{\overline{A_2 C_2}}{\cos\beta_1}$$

und:

$$\overline{AL} = \frac{A_2 L_2}{\cos\beta_1}.$$

Aus dem Dreieck $A_2 B_2 C_2$ ist aber:

$$\overline{A_2 C_2} = v \frac{\sin\alpha}{\sin A_2 C_2 B_2}$$

und da:

$$\angle A_2 C_2 B_2 = 180^0 - (\alpha + \beta_2), \text{ so ist:}$$

$$\overline{A_2 C_2} = v \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta_2)}.$$

Außerdem ist:

$$A_2 L_2 = v \cos\beta_2.$$

Man hat also die beiden Gleichungen:

$$\overline{AC} = v \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta_2)\cos\beta_1},$$

$$\overline{AL} = v \frac{\cos\beta_2}{\cos\beta_1}.$$

Dies in Gleichung (9) eingesetzt:

$$W = \frac{\gamma}{g} \,.\, F \,.\, v^2 \frac{\sin^3\alpha}{\sin^2(\alpha+\beta_2)\cos\beta_2\cos\beta_1}. \tag{10}$$

Man muß sich nun die Luft als eine Menge einzelner ungemein leicht verschieblicher Theilchen denken, deren jedes die Einwirkung einer gewissen Anzahl von Kräften, welche im Gleichgewicht sind, zu erleiden hat. Werden nun die an einigen dieser Theilchen wirkenden Kräfte verändert, so daß Bewegung entsteht, so wird diese in der Art und Richtung erfolgen, daß das Gleichgewicht — hier die natürliche Spannung der Atmosphäre — auf dem kürzesten Wege wieder hergestellt wird, oder mit andern Worten, es weicht die Luft in der Richtung aus, daß die Spannungsdifferenz vor und hinter der Scheibe ein Minimum wird. Diese Spannungsdifferenz findet man aber, indem man den Widerstand W durch den Querschnitt des in jedem Augenblicke auf die Scheibe wirkenden Luftstrahlenbündels dividirt. Dieser Querschnitt ist kein anderer als:

$$F \sin(\alpha+\beta_2)\cos\beta_1.$$

Die Spannungsdifferenz ist daher:

$$p - p_1 = \frac{\gamma}{g} . v^2 \frac{\sin^3\alpha}{\sin^3(\alpha+\beta_2)\cos\beta_2\cos^2\beta_1}. \tag{11}$$

Und dieser Ausdruck muß als Function von β_1 und β_2 ein Minimum, oder der Nenner ein Maximum werden.

Es muß also die Function:

$$\sin^3(\alpha+\beta_2)\cos\beta_2\cos^2\beta_1 .$$

einzeln nach β_1 und β_2 differentiirt werden und jede Abgeleitete $=0$ sein. Man sieht indessen schon, daß nach β_1 allein das Maximum für $\cos^2\beta_1 = 1$, also $\beta_1 = 0$ eintritt.

Die Lufttheilchen weichen also in einer Ebene aus, welche normal zu der Ebene der Fläche ist.

Man hat es daher mit einem Vorgang in der Ebene zu thun und es mag nunmehr, da $\beta_1 = 0$ ist, der Winkel β_2 durch β bezeichnet werden.

Es ist also zu differentiiren:

$$\sin^3(\alpha+\beta)\cos\beta.$$

Man erhält:

$$\cos\beta \,.\, 3 \,.\, \sin^2(\alpha+\beta)\cos(\alpha+\beta) - \sin^3(\alpha+\beta)\sin\beta = 0,$$

oder:

$$3 \,.\, \operatorname{cotg}(\alpha+\beta) = \operatorname{tg}\beta. \tag{12}$$

Die Gleichung läßt sich umformen in:

$$2 \cos(\alpha + 2\beta) + \cos\alpha = 0.$$

Diese noch einmal differentiirt, giebt:

$$-4 \sin(\alpha + 2\beta).$$

Dieser Ausdruck ist negativ, wenn $\alpha + 2\beta < 180^0$ ist, er wird dagegen positiv, wenn $\alpha + 2\beta > 180^0$, oder, mit anderen Worten: es tritt das Maximum der Function:

$$\sin^3(\alpha + \beta)\cos\beta$$

ein, wenn β spitz ist, das Minimum, wenn β stumpf ist.

Aus Gleichung (12) folgt:

$$\operatorname{tg}\beta \,.\, \operatorname{tg}(\alpha + \beta) = 3 \quad \text{oder}$$

$$\operatorname{tg}\beta \,.\, \frac{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta}{1 - \operatorname{tg}\alpha \,.\, \operatorname{tg}\beta} = 3.$$

Die Gleichung nach β aufgelöst, giebt:

$$\text{IV.} \qquad \operatorname{tg}\beta = \pm\sqrt{4\operatorname{tg}^2\alpha + 3} - 2\operatorname{tg}\alpha.$$

Da β spitz, mithin $\operatorname{tg}\beta$ positiv sein soll, so gilt das obere Zeichen. Das untere Zeichen gilt für das von uns nicht gesuchte Minimum der Function.

Um zu zeigen, in welcher Weise die Function:

$$\sin^3(\alpha + \beta)\cos\beta$$

sich ändert, wenn der Winkel β alle Werthe von 0 bis 180^0 durchläuft, ist folgende Tabelle für $\alpha = 20^0$ berechnet. Man sieht daraus, welch' großer Unterschied in diesen Werthen liegt, und es ist daher in hohem Grade wahrscheinlich, daß die Lufttheilchen genau der Richtung folgen, für welche diese Function ein Maximum, oder die Differenz zwischen der natürlichen und der durch die Bewegung hervorgebrachten Spannung ein Minimum wird.

Für $\alpha = 20^0$.

β.	$(\alpha + \beta)$.	$\sin^3(\alpha + \beta)\cos\beta$.
0	20	0,0400
10	30	0,1231
20	40	0,2496
30	50	0,3893
40	60	0,4976
49° 0′ 44″	69° 0′ 44″	0,5341 Max.
50	70	0,5334
60	80	0,4776
70	90	0,3420
80	100	0,1659
90	110	0,0000
100	120	— 0,1128
110	130	— 0,1528
110° 59′ 16″	130° 56′ 16″	— 0,1542 Min.
120	140	— 0,1328
130	150	— 0,0803
140	160	— 0,0306
150	170	— 0,0045
160	180	0,0000

In der auf Seite 339 gegebenen Tabelle giebt für α von Grad zu Grad die zweite Columne die Werthe von β, welche die Spannungsdifferenz zu einem Minimum machen.

Es mag dieser nunmehr bestimmte Winkel der Ausweichungswinkel heißen und durch β bezeichnet werden.

Dann ist nach Gleichung (10):

$$W = \frac{\gamma}{g} F v^2 \frac{\sin^3\alpha}{\sin^2(\alpha + \beta)\cos\beta}. \qquad \text{V.}$$

Widerstand und Ablenkung.

Der Druck W wirkt stets in der Richtung der ausweichenden Luft. Durch eine einzige Gegenkraft auf Seiten der Scheibe kann daher W nur in dieser Richtung im Gleichgewicht gehalten werden. Mit andern Worten: Uebt man auf eine gewichtlose, frei in der Luft schwebende Scheibe (Fig. 5) einen constanten, sich stets parallel bleibenden Druck W in der Richtung AC aus, so nimmt die Scheibe in der Richtung AB eine gleichförmige Bewegung mit der Geschwindigkeit v an.

Es kann jedoch ohne Zweifel, auf Seiten der Scheibe, W durch beliebig viele beliebig gerichtete Kräfte ersetzt werden. Der Normaldruck und die zu ihm rechtwinklige Componente in der Richtung der Fläche haben wenig Interesse. Der erstere würde etwa da gesucht werden, wo man die Widerstandsfähigkeit einer Fläche gegen den Luftdruck berechnen wollte.

Desto wichtiger sind zwei andere Componenten von W, nämlich die in der Bewegungsrichtung, welche der eigentliche Widerstand, d. h. die verzögernde Kraft ist und durch P bezeichnet werden mag, und die zur Bewegung rechtwinklige Componente Q, welche man die Ablenkung nennen kann. Erstere ist, wie man aus Fig. 5 ersieht, $W\cos\beta$, letztere $W\sin\beta$. Es ist daher nach Gleichung V:

$$P = \frac{\gamma}{g} F \,.\, v^2 \frac{\sin^3\alpha}{\sin^2(\alpha + \beta)}. \qquad \text{VI.}$$

$$Q = \frac{\gamma}{g} \,.\, F v^2 \frac{\sin^3\alpha}{\sin^2(\alpha + \beta)} \,.\, \operatorname{tg}\beta. \qquad \text{VII.}$$

Da die Gleichungen IV. bis VII. für die Rechnung nicht sehr bequem sind, sowie um einen Ueberblick über die Verhältnisse zu erhalten, ist für α von Grad zu Grad nachstehende Tabelle berechnet, deren erste Spalte α, die zweite das ihm entsprechende, nach Gleichung IV. berechnete β enthält. Die dritte Spalte enthält den Coefficienten:

$$\frac{\sin^3\alpha}{\sin^2(\alpha + \beta)\cos\beta}$$

des ganzen Widerstandes, die beiden letzten Spalten endlich die Coefficienten der Gleichungen VI. und VII. für P und Q.

Die Winkel, unter welchen die Luft ausweichen müßte,

wenn der Widerstand ein Minimum werden sollte, sind etwas andere und durch das Maximum der Function $\sin^2(\alpha+\beta)\cos\beta$ bestimmt. Es nähert sich dabei, wenn α sich an 0 nähert, die Richtung des Widerstandes statt an 60^0, an $54^0\,53'$.

Wenn daher die Luft gezwungen wird, unter einem anderen Winkel, als dem durch Gleichung IV. bestimmten, auszuweichen, so kann dadurch der Widerstand entweder vergrößert oder auch verringert werden.

Ist $\alpha = 90^0$, so trifft das Minimum des Widerstandes mit dem der Spannungsdifferenz zusammen und es kann in diesem Falle durch eine Richtungsveränderung der ausweichenden Luft der Widerstand nur vergrößert, nicht aber verkleinert werden.

Tabelle der Coefficienten des Luftwiderstandes gegen geneigte Flächen von sehr geringer Dicke.

Neigungswinkel α. Grad.	Ausweichungswinkel β. Grad.	Min.	Sec.	Coefficient des ganzen Luftdrucks: $\frac{\sin^3\alpha}{\sin^2(\alpha+\beta)\cos\beta}$.	Differenzen.	Widerstandscoefficient: $\frac{\sin^3\alpha}{\sin^2(\alpha+\beta)}$.	Differenzen.	Ablenkungscoefficient: $\frac{\sin^3\alpha}{\sin^2(\alpha+\beta)}.\operatorname{tg}\beta$.	Differenzen.
0	60	0	0	0,000000	14	0,000000	7	0,000000	12
1	59	29	51	0,000014	94	0,000007	49	0,000012	80
2	58	59	24	0,000108	247	0,000056	130	0,000092	211
3	58	28	38	0,000355	466	0,000186	250	0,000303	393
4	57	57	35	0,000821	744	0,000436	406	0,000696	623
5	57	26	13	0,001565	1074	0,000842	599	0,001319	892
6	56	54	34	0,002639	1451	0,001441	824	0,002211	1195
7	56	22	37	0,004090	1869	0,002265	1081	0,003406	1525
8	55	50	21	0,005959	2323	0,003346	1369	0,004931	1878
9	55	17	48	0,008282	2808	0,004715	1686	0,006809	2248
10	54	44	58	0,011090	3321	0,006401	2030	0,009057	2621
11	54	11	49	0,014411	3856	0,008431	2399	0,011688	3023
12	53	38	23	0,018267	4411	0,010830	2793	0,014711	3419
13	53	4	40	0,022678	4980	0,013623	3210	0,018130	2816
14	52	30	40	0,027658	5562	0,016833	3647	0,021946	4210
15	51	56	22	0,033220	6	0,020480	5	0,026156	4
16	51	21	48	0,039	7	0,025	4	0,031	5
17	50	46	57	0,046	7	0,029	5	0,036	5
18	50	11	48	0,053	8	0,034	6	0,041	6
19	49	36	24	0,061	9	0,040	6	0,047	6
20	49	0	44	0,070	9	0,046	6	0,053	6
21	48	24	47	0,079	10	0,052	8	0,059	7
22	47	48	35	0,089	10	0,060	7	0,066	7
23	47	12	6	0,099	11	0,067	8	0,073	7
24	46	35	22	0,110	11	0,075	9	0,080	7
25	45	58	23	0,121	12	0,084	10	0,087	8
26	45	21	9	0,133	13	0,094	10	0,095	8
27	44	43	40	0,146	13	0,104	10	0,103	8
28	44	5	56	0,159	13	0,114	11	0,111	8
29	43	27	58	0,173	14	0,125	12	0,119	8
30	42	49	46	0,187	14	0,137	12	0,127	8
31	42	11	20	0,201	15	0,149	13	0,135	8
32	41	32	40	0,216	16	0,162	13	0,143	9
33	40	53	47	0,232	15	0,175	14	0,152	8
34	40	14	40	0,247	16	0,189	14	0,160	8
35	39	35	21	0,263	17	0,203	15	0,168	8

Neigungswinkel α. Grad.	Ausweichungswinkel β. Grad.	Min.	Sec.	Coefficient des ganzen Luftdrucks: $\frac{\sin^3 \alpha}{\sin^2(\alpha+\beta)\cos\beta}$.	Differenzen.	Widerstandscoefficient: $\frac{\sin^3 \alpha}{\sin^2(\alpha+\beta)}$.	Differenzen.	Ablenkungscoefficient: $\frac{\sin^3 \alpha}{\sin^2(\alpha+\beta)} . \operatorname{tg}\beta$.	Differenzen.
36	38	55	48	0,280	17	0,218	15	0,176	8
37	38	16	4	0,297	17	0,233	16	0,184	8
38	37	36	7	0,314	17	0,249	16	0,192	7
39	36	55	58	0,331	18	0,265	16	0,199	7
40	36	15	38	0,349	18	0,281	17	0,206	7
41	35	35	6	0,367	18	0,298	18	0,213	7
42	34	54	23	0,385	18	0,316	18	0,220	7
43	34	13	28	0,403	19	0,334	18	0,227	6
44	33	32	23	0,422	18	0,352	18	0,233	6
45	32	51	8	0,440	19	0,370	19	0,239	5
46	32	9	43	0,459	19	0,389	18	0,244	5
47	31	28	8	0,478	18	0,407	20	0,249	5
48	30	46	23	0,496	19	0,427	19	0,254	4
49	30	4	29	0,515	19	0,446	19	0,258	4
50	29	22	25	0,534	19	0,465	20	0,262	3
51	28	40	12	0,553	18	0,485	20	0,265	3
52	27	57	51	0,571	19	0,505	19	0,268	2
53	27	15	22	0,590	18	0,524	20	0,270	2
54	26	22	44	0,608	19	0,544	20	0,272	1
55	25	49	58	0,627	18	0,564	20	0,273	1
56	25	7	5	0,645	18	0,584	19	0,274	0
57	24	24	4	0,663	17	0,603	20	0,274	1
58	23	40	56	0,680	18	0,623	19	0,273	1
59	22	57	41	0,698	17	0,642	20	0,272	2
60	22	14	19	0,715	17	0,662	19	0,270	2
61	21	30	51	0,732	17	0,681	18	0,268	3
62	20	47	17	0,748	16	0,699	19	0,265	3
63	20	3	36	0,764	16	0,718	18	0,262	4
64	19	19	50	0,780	16	0,736	18	0,258	4
65	18	35	58	0,795	15	0,754	17	0,254	5
66	17	52	1	0,810	15	0,771	17	0,249	6
67	17	7	59	0,825	14	0,788	17	0,243	6
68	16	23	52	0,839	13	0,805	16	0,237	7
69	15	39	40	0,852	13	0,821	15	0,230	7
70	14	55	24	0,865	13	0,836	15	0,223	8
71	14	11	3	0,878	12	0,851	15	0,215	8
72	13	26	39	0,890	12	0,866	14	0,207	9
73	12	42	11	0,902	11	0,880	13	0,198	9
74	11	57	39	0,913	10	0,893	12	0,189	10
75	11	13	4	0,923	10	0,905	12	0,179	10
76	10	28	25	0,933	9	0,917	11	0,169	10
77	9	43	44	0,942	8	0,928	10	0,159	11
78	8	59	1	0,950	8	0,938	10	0,148	11
79	8	14	15	0,958	7	0,948	9	0,137	11
80	7	29	26	0,965	7	0,957	8	0,126	12

Neigungswinkel α. Grad.	Ausweichungswinkel β. Grad.	Min.	Sec.	Coefficient des ganzen Luftdrucks: $\frac{\sin^3\alpha}{\sin^2(\alpha+\beta)\cos\beta}$.	Differenzen.	Widerstandscoefficient: $\frac{\sin^3\alpha}{\sin^2(\alpha+\beta)}$.	Differenzen.	Ablenkungscoefficient: $\frac{\sin^3\alpha}{\sin^2(\alpha+\beta)}\cdot\mathrm{tg}\beta$.	Differenzen.
81	6	44	35	0,972	6	0,965	7	0,114	12
82	5	59	43	0,978	5	0,972	7	0,102	13
83	5	14	49	0,983	4	0,979	5	0,090	13
84	4	29	54	0,987	4	0,984	5	0,077	12
85	3	44	57	0,991	3	0,989	4	0,065	13
86	2	59	59	0,994	3	0,993	3	0,052	13
87	2	15	0	0,997	2	0,996	2	0,039	13
88	1	30	0	0,999	1	0,998	2	0,026	13
89	0	45	0	1,000	0	1,000	0	0,013	13
90	0	0	0	1,000		1,000		0,000	

Eine solche Ursache zu einer Abweichung von der durch Gleichung IV. bestimmten Ausweichungsrichtung ist z. B. bei krummliniger Bewegung die Centrifugalkraft. Es haben daher sämmtliche, mit rotirenden Flächen angestellten Versuche den Widerstand größer gefunden, als diese Rechnung denselben ergeben würde.

Widerstand gegen Körper.

Ist das Bewegte keine mathematische Fläche, sondern ein von geraden Flächen begrenzter Körper, so würde man den Widerstand gegen diese Flächen auch nach dem Vorstehenden berechnen können, sobald der Körper hinten und vorn symmetrisch gestaltet ist. Man müßte dann nur die Vorderfläche in Rechnung bringen. Da der Einfluß der comprimirten und expandirten Luft für die oben festgestellten Grenzen (bis zu 50 oder 100 Metern pro Secunde) einander gleich sind, so würde man sogar in dem Falle, daß der Körper vorn und hinten verschieden gestaltet ist, den Widerstand an seinem vorderen und hinteren Theile für sich berechnen können, nur müßte man dann jeden halb so groß nehmen, als die obigen Formeln ergeben; alles dieses würde man thun können, wenn nicht die plötzlichen Geschwindigkeitsänderungen, welche die Luft an den Kanten der Körper erleidet, alle Verhältnisse veränderten.

Hat der bewegte Körper eine continuirlich gekrümmte Oberfläche, so treten derartige plötzliche Geschwindigkeitsänderungen der Lufttheilchen nicht ein und man sollte daher denken, daß die Lufttheilchen von den Elementen der Oberfläche eines solchen Körpers auch unter den durch Gleichung IV. bestimmten Winkeln entweichen, resp. ihnen zuströmen müßte; nur muß man dann mit dem Ausdruck „Strahl" einen etwas anderen Begriff verbinden, als bisher.

Nach der bisherigen Auffassung liegt in einem hier sogenannten Strahl stets der absolute Weg jedes einzelnen Theilchens. Wenn es sich dagegen um die Bewegung eines Körpers, z. B. einer Kugel handelt, so muß man sich den Raum von dieser aus und gleichsam als auf derselben befindlich in strahlenförmige Theile zerlegt denken, deren jeder mit dem von ihm getroffenen Flächenelement den durch Gleichung IV. bestimmten Winkel bildet, und einen solchen Raumtheil einen Strahl nennen. Dann treten, wenn die Kugel fortschreitet, in jedem Augenblicke andere Lufttheilchen in jeden Strahl ein, so daß sich jedes Theilchen nur einen Moment in demselben Strahl befindet. In diesem Moment aber muß die absolute Bewegung dieses Theilchens in der Richtung des Strahls und nach dem Gesetz wie bisher erfolgen, so daß dann jeder Strahl ganz wie bisher zu betrachten ist.

In Fig. 6 sind für eine Kugel die Richtungen der Strahlen aufgezeichnet. Befindet sich ein Lufttheilchen unter dieser Voraussetzung bei der gezeichneten Stellung der Kugel in A, und bei der punktirten in B, also im letzten der comprimirten Strahlen, so hat es einen solchen Weg AB durchlaufen, daß der Strahl, in welchem es sich gerade befindet, immer die Tangente an seine Bahn ist. In B ist seine Geschwindigkeit 0 geworden. Dann tritt das Theilchen in den todten Raum (in der Figur schraffirt), welcher nicht auf die Kugel wirken kann. Während dieser passirt, beschreibt das Theilchen einen unbekannten, wahrscheinlich schleifenförmigen Weg und folgt dann in der Richtung B der Kugel noch eine Strecke mit den expandirten Strahlen.

Man sieht, was es heißen will, wenn Duchemin, Weisbach und Andere behaupten, es hänge sich eine gewisse Flüssigkeitsmasse an den bewegten Körper an, und die Grenzen, bis zu welchen diese Bewegung noch bequem beobachtet werden kann, auf $^1/_6$ des Volumens des Körpers feststellen.

Der Winkel β ist eine sehr verwickelte Function von α, so daß die Bestimmung des Widerstandes gegen krumme

Flächen durch Integration in den meisten Fällen schwierig sein dürfte.

Es ist daher der Widerstand unter obigen Annahmen auf die Weise ermittelt worden, daß die halbe Kugelfläche in 9 Zonen eingetheilt wurde, deren jede also den mittleren Neigungswinkel: 5°, 15°, 25° u. s. w. mit der Bewegungsrichtung einschließt. Dann ist die Fläche jeder Zone von der Höhe h:

$$F = 2 r \pi h.$$

wo $h_1 = (\sin 10° - \sin 0°)\, r$,
$h_2 = (\sin 20° - \sin 10°)\, r$ u. s. w.,

wenn nämlich r der Halbmesser der Kugel ist:

Für jede Zone ist dann die Componente P zu nehmen, da Q von der Festigkeit der Kugel aufgehoben wird. Für die expandirte Luft sind dann alle Verhältnisse dieselben, also die auf die Vorder- und Hinterfläche wirkende Kraft bis zu den oben erwähnten Geschwindigkeiten als gleich anzusehen. Man erhält also für die vordere Halbkugel allein folgende Tabelle:

Zone.	Neigungswinkel α.	Höhe der Zone: h.	$h \cdot \frac{\sin^3 \alpha}{\sin^2 (\alpha+\beta)}$.
0° bis 10°	5°	0,173648 . r	0,000184 . r
10° „ 20°	15°	0,168272 . r	0,003448 . r
20° „ 30°	25°	0,157980 . r	0,013343 . r
30° „ 40°	35°	0,142788 . r	0,028991 . r
40° „ 50°	45°	0,123256 . r	0,045597 . r
50° „ 60°	55°	0,099981 . r	0,056387 . r
60° „ 70°	65°	0,073668 . r	0,055531 . r
70° „ 80°	75°	0,045115 . r	0,040846 . r
80° „ 90°	85°	0,015192 . r	0,015026 . r
Summa:		1,000000 . r	0,249353 . r

Es ist daher der Widerstand:

$$P = \frac{\gamma}{g} \cdot 2 r^2 \pi \cdot v^2 \cdot 0{,}249353$$

oder $$P = 0{,}4987 \frac{\gamma}{g} (r^2 \pi)\, v^2.$$

Es mag dieser Zahlencoefficient für die Kugel künftig durch k bezeichnet werden.

Durch Integration hätte man wahrscheinlich gefunden:

$$k = 0{,}5.$$

Leider stimmt dieses Resultat sehr wenig mit der Erfahrung. Denn es geht aus den Versuchen Newton's und vieler Anderen hervor, daß dieser Coefficient sehr viel kleiner ist, nämlich im Mittel etwa:

$$k = 0{,}30.$$

Es scheint daher, daß selbst auf continuirlich gekrümmte Flächen diese Theorie überhaupt nicht angewendet werden kann, weil sich zur Seite des bewegten Körpers ein todter Raum bildet, welcher die Ausweichungsrichtung mehr oder weniger verändert, und von dieser Richtung hängt sowohl die Größe des Widerstandes, wie die relative Größe der in die Bewegungsrichtung fallenden Componente P wesentlich ab.

Bei continuirlich gekrümmten Körpern scheint diese Abweichung der Ausweichungsrichtung in der Art zu geschehen, daß der Winkel β ein größerer wird, daß mithin der ganze Luftdruck zwar auch größer, aber die Componente in der Bewegungsrichtung kleiner wird. Vielleicht hängt auch die Größe dieser Abweichung von der Geschwindigkeit ab und es würden sich dann die oben erwähnten Resultate Piobert's u. A. hieraus erklären.

Es muß daher auf die Berechnung des Widerstandes gegen Körper von einiger Ausdehnung überhaupt verzichtet werden und es kann diese Theorie nur auf Körper von sehr geringer Dicke, welche einer mathematischen Fläche ähnlich sind, angewendet werden, also z. B. auf die Segel der Schiffe, die Windmühlenflügel, und, wie ich glaube, selbst auf die Flügel der Vögel; vor Allem aber auf den Papierdrachen, das bekannte Spielzeug der Knaben. Mit einem solchen behalte ich mir vor, demnächst Versuche über diesen Gegenstand anzustellen, und es mag vorläufig eine kurze Berechnung desselben hier folgen.

Die Windrichtung sei horizontal und α der Neigungswinkel des Drachen gegen dieselbe.

Es wirken (Fig. 7) dem Winddruck entgegen drei Kräfte auf den Drachen, erstens das eigene Gewicht, zweitens der Zug des Schwanzes und drittens der Zug des Fadens, an dem man ihn hält; hier wird dieser das „Bott" genannt.

Wenn die Resultirende dieser Kräfte dem ganzen Luftdruck W gleich und entgegengesetzt ist, so findet Gleichgewicht statt.

Es drücke also (Fig. 7) AE das Gewicht des Drachen aus, AG sei der Zug des Schwanzes, welcher wieder eine Resultirende aus seinem Gewicht und dem Winddruck gegen ihn ist. Diese beiden Kräfte haben die Resultirende AF. Der Zug des Botts aber sei AD, so ist die Resultirende sämmtlicher drei Kräfte AC. Diese muß dem Winddruck gleich sein und in die Ausweichungsrichtung fallen.

In Fig. 7 ist angenommen, daß der Winkel α des Drachen mit der Windrichtung 25° beträgt. Die Fläche des Drachen ist dort $= \frac{1}{2}$ Quadratmeter. Die Windgeschwindigkeit mag $= 10$ Meter sein. Dann ist nach der Tabelle: $\beta = 45° \, 58' \, 23''$ und $W = 0{,}12 \frac{\gamma}{g} F v^2$

$$W = 0{,}12 \cdot 0{,}132 \cdot 0{,}5 \cdot 100 = 1{,}45 \text{ Kil.}$$

Nimmt man dann, wie in der Figur das Gewicht des Drachen zu 0,2 Kil. und den Zug des Schwanzes zu 0,1 Kil. an, so erhält man für das Bott die dort gezeichnete Zugrichtung.

Sind diese letzten Werthe größer, so muß (bei gegebenen Verhältnissen des Drachen) der Winkel α größer werden, dann kann aber der Drache nicht mehr so steil stehen, weil der Zug des Botts immer der Windrichtung näher sein muß, als die Ausweichungsrichtung. Der Zug des Botts wächst dabei, weil α größer wird. Man sieht, daß für ein und denselben Drachen bei starkem Winde die Bucht höher stehen muß (d. h. die Schnur yz kürzer sein muß) als bei schwächerem Winde. Wenn ferner der Winkel α sich an 0 nähert, sämmtliche Gewichte des Drachen, Botts &c. also als sehr klein gedacht werden, so nähert sich die Richtung des Botts oben am Drachen an 60°; steiler kann er nicht stehen.

Ob die bis hierher entwickelten Gesetze auch auf das Wasser Anwendung finden können, ist wohl kaum einem Zweifel unterworfen. Denn, denkt man sich auf den Flächenschwerpunkt einer frei im Wasser schwebenden ebenen Scheibe einen schrägen Druck ausgeübt, so wird sich die Scheibe weder in der Richtung dieses Drucks, noch normal zu ihrer Fläche bewegen, sondern in einer dritten Richtung, welche durch die Richtung des ausgeübten Drucks bedingt und vollkommen bestimmt ist. Denkt man sich diese Richtungen durch Versuche bestimmt, so kann es kaum zweifelhaft sein, daß sich zwischen den Winkeln dieselben Beziehungen finden werden, da ja die Zusammendrückbarkeit für die Auffassung nicht wesentlich erforderlich ist, sobald einmal die Grundgleichung III., wenn auch mit einem Erfahrungscoefficienten berichtigt, feststeht, was für Wasser der Fall ist.

Hoffentlich werde ich im Stande sein, nächstens mehr über diesen Gegenstand zu bringen, namentlich aber über die Frage, ob diese Theorie durch die Erfahrung bestätigt wird, oder nicht.

Beschreibung eines Rauchverbrennungsapparates für Locomotiven.

Von

H. Gagg, Maschinen-Ingenieur zu Yverdon (Canton Waadt).

(Hierzu Fig. 1 bis 5 auf Tafel 25.)

Bei einigen Personenzuglocomotiven der Paris-Lyon-Méditerranée-Eisenbahn wird ein einfacher Rauchverbrennungsapparat angewendet, der sehr gute Dienste leistet und in der Folge auch bei den Locomotiven der vereinigten Bahnen der West-Schweiz eingeführt werden soll.

Dieser Apparat besteht aus einem eisernen Rohre von 43 Millimeter äußerem und 23 Millimeter innerem Durchmesser, welches horizontal an der hintern Seite der Feuerbüchse in der Weise befestigt ist, daß sein Obertheil an der obern Wölbung der Feuerthürrahme tangirt.

Auf der Hälfte seiner Länge ist ein eisernes Rohr von 25 Millimeter Weite befestigt, welches mit dem Dampfraume im Kessel in Verbindung steht; dieses Rohr geht in horizontaler Richtung durch einen Ausschnitt der Feuerthüre, steigt dann in verticaler Richtung durch den Flammenschirm, um sich nach einigen Krümmungen mit einem der beiden Vorwärmhahnen zu vereinigen. Ein wenig über dem Flammenschirm befindet sich noch ein Hahn eingeschaltet, der so construirt ist, daß, wenn der Dampf in das Rauchverbrennungsrohr strömen soll, man noch eine Mittelstellung hat, bei welcher sich das Wasser und sonstige Unreinigkeiten, die sich im Zuleitungsrohr befinden, entfernen können.

Das oben erwähnte eiserne Rohr ist mit 6–8 Löchern von 2,5 Millimeter Durchmesser versehen, die auf seine Länge vertheilt sind, und deren Richtungen, je nach den verschiedenen Dimensionen und Dispositionen der Feuerbüchsen variiren. Ihre Richtung muß so berechnet sein, daß die aus diesen Löchern hervortretenden Dampfstrahlen eine Art Decke über dem Brennstoff bilden. Unter dieser luftförmigen Hülle verbrennen nun die aus einer unvollständigen Verbrennung herrührenden rußigen Gase mit Hilfe der Luft, deren Eintritt dadurch regulirt wird, daß man die Feuerthüre mehr oder weniger öffnet.

Die mit diesem Rauchverbrennungsapparate versehenen Locomotiven müssen auch den allgemein bekannten Blasehahn haben, um durch einen Dampfstrahl im Kamine, je

nach dem Bedürfnisse, einen hinreichend energischen künstlichen Zug hervorbringen zu können. Alle diese Apparate müssen dem Maschinisten bequem zur Hand sein, damit er seinen Platz nicht zu verlassen braucht, wenn er dieselben in Gang setzen will.

Das Anzünden der mit diesem Rauchverbrennungsapparate versehenen Locomotiven verlangt keine besondere Vorsicht; im Gegentheil kann man, so wie der Manometer 2—3 Atmosphären anzeigt, vermittelst des Blasehahns und des Rauchverbrennungsapparates den Dampfdruck sehr schnell so hoch steigern, als man will. Auf denjenigen Bahnhöfen, in denen sich eine gedeckte Einsteigehalle befindet, muß der Maschinist, bevor er die Maschine an den Zug stellt, darauf sehen, daß der Brennstoff in seiner Feuerbüchse seine bituminösen Theile verloren hat und keinen Rauch mehr giebt; andernfalls kann er mit 4—5 Atmosphären Spannung auf dem Wege vom Maschinenhaus bis in die Einsteigehalle und während des Stillstandes vor Abfahrt des Zuges durch Ingangsetzung des Rauchverbrennungsapparates den nöthigen Druck schnell hervorbringen.

Um den Apparat in Gang zu setzen, öffnet man zuerst den Blasehahn, nachher den Dampfhahn und den Hahn am Verbrennungsapparat; diesen letztern läßt man einige Zeit in Communication mit dem Reinigungsrohr und, wenn Alles im Gange ist, so kann man Brennstoff aufgeben.

Bei Anwendung von magerer Steinkohle, die wenig Bitumen enthält und sich dem Anthracit nähert, kann die Schicht Brennstoff auf dem Rost 20—25 Centimeter betragen. Natürlich muß diese Höhe, je nach dem Zustande des Brennstoffes, variiren; sind die Stücke groß, so muß sie nothwendigerweise niedriger sein, sind die Stücke hingegen klein, so darf sie sogar 25 Centimeter überschreiten. Ist die Steinkohle fett und bäckt sie in der Hitze zusammen, so muß die Brennstoffschicht so schwach als möglich, jedoch gleichmäßig vertheilt sein und keine leeren Stellen lassen, durch welche etwa Luft eintreten und durch ihre Verbindung mit den Verbrennungsgasen die Temperatur erniedrigen könnte.

Da der zur Fabrikation der Steinkohlenkuchen (briquettes) verwendete Grus gewöhnlich wenig Bitumen enthält, so werden dieselben wie magere Steinkohle in großen Stücken behandelt. Welches auch die durch die Natur des Brennstoffes bedingte Höhe der Schicht auf dem Roste sei, so muß sie durch schwache, aber öfters wiederholte Beschickung in diesem Zustande erhalten werden. Diese Regel gilt jedoch nur da als absolut, wo die Längenprofile der Bahn auf große Strecken dieselben bleiben; da, wo Steigung und Fall auf mittlern Strecken abwechseln, befolgt man die gewöhnlichen Regeln. Im Allgemeinen soll der Maschinist die Beschickung so einrichten, daß der Brennstoff in den Bahnhöfen keinen Rauch mehr giebt, sonst muß er während des Stationirens den Apparat in Gang setzen und den Dampfverbrauch auf das absolut nothwendige Quantum beschränken, damit der Rauch verschwinde.

Auf der Fahrt soll der Hahn des Apparates beständig offen sein und zwar wie bei dem Stationiren nur gerade weit genug, um die vollständige Verbrennung des Rauches zu erzielen; den Blasehahn wendet man an, sowie der Regulator ganz oder beinahe geschlossen ist, d. h. immer, wenn der aus den Cylindern in das Kamin tretende Dampf nicht hinreicht, um den Zug wirksam genug zu machen.

Man sollte glauben, daß durch den Zutritt der zur Verbrennung der rußigen, aus der Steinkohle sich bildenden Gase nothwendigen Luft durch die Feuerthüre die in der Feuerbüchse entwickelte Temperatur erniedrigt werden und deswegen mehr Brennmaterial erforderlich sein müßte. Dies wäre auch sicher wirklich der Fall, wenn die durch die Thüre eintretende Luft direct in die Rauchröhren übertreten könnte; allein in Folge des Hindernisses, auf welches sie stößt, nämlich in Folge der aus dem Apparate ausströmenden Dampfdecke, ist das unter diese Hülle eintretende Quantum bedeutend beschränkt. Zu bemerken ist noch, daß durch die vereinigte Wirkung der Dampfstrahlen und des Zuges in den Rauchröhren diese eintretende Luft sich im Wirbel mit den rußigen Gasen vereinigt und auf diese Weise eine vollständige Verbrennung des Rauches bewirkt.

Es ist schwer, sich über das zur Erlangung einer beinahe vollständigen Rauchverbrennung verwendete Dampfquantum genaue Rechenschaft abzulegen. Doch geht aus den zahlreichen Versuchen, die veranstaltet wurden, um eine Vergleichung zwischen dem Verbrauch der Maschinen mit und ohne Apparat anzustellen, hervor, daß, wenn auch bei erstern durch den Blasehahn und das Rauchverbrennungsrohr ein gewisses Dampfquantum verloren geht, dieser Verlust durch eine vollkommene Verbrennung mehr als aufgewogen wird, indem nämlich die den gleichen Dienst versehenden, mit dem Apparate ausgerüsteten Maschinen weniger Brennmaterial verbrauchen, als die gleichartigen Maschinen ohne den Apparat.

Auf Tafel 25 stellt Fig. 1 einen Verticalschnitt, Fig. 2 einen Horizontalschnitt der Feuerbüchse, Fig. 3 eine hintere Ansicht des Kessels der Locomotiven Nr. 1203—1209 dar. Durch die Ziffern 1, 2, 3, 4 sind jeweilig die correspondirenden Vertical- und Horizontalprojectionen der aus dem eisernen Rohre hervortretenden Dampfstrahlen bezeichnet; in Fig. 4 sind die Verticaldurchschnitte durch die Löcher 1, 2, 3, 4 und in Fig. 5 ist links das eiserne Rohr im Horizontaldurchschnitte (die Löcher 1, 2, 3, 4 in einer und derselben Ebene liegend gedacht) rechts dasselbe im Grund-

risse dargestellt. In Fig. 1 und 3 wird man bemerken, daß das eiserne Rohr durch zwei, an der innern Wölbung der Thüröffnung befestigte eiserne Schirme gegen die Berührung der Flammen geschützt ist. In diesen Schirmen sind ebenfalls die correspondirenden Löcher für den Durchgang der Dampfstrahlen gebohrt und zwar mit einem Durchmesser von 15 Millimetern. Mit Hilfe der eingeschriebenen Maaße wird es nun nicht schwierig sein, für eine beliebige Maschine die nöthigen Dispositionen zu treffen.

Anmerkung der Redaction. Die vorstehend beschriebene rauchverzehrende Feuerung für Locomotiven ähnelt sehr der von Thierry angegebenen Feuerung für stationäre Dampfkessel, weshalb wir im Nachstehenden eine Beschreibung der letzteren Vorrichtung nach dem in dem Bulletin de la Société d'Encouragement No. 134 abgedruckten Berichte der Herren Tresca und Silbermann mittheilen wollen.

Ueber Thierry's rauchverzehrende Feuerung.

Von

Tresca und Silbermann.

(Hierzu Fig. 6—9 auf Tafel 25.)

Der von dem Maschinenbauer Thierry fils, Straße de la Pompe, 11 in Paris, angegebene Rauchverbrennungsapparat besteht

1. aus einem Dampfüberhitzungsapparat von verschiedener Form und Größe, welcher in der betreffenden Feuerung selbst liegt und gegen die zerstörende Wirkung derselben durch feuerfeste Röhren oder Ziegel geschützt ist. Er wird im Allgemeinen aus zwei 50 Millimeter weiten gezogenen eisernen Röhren gebildet, welche übereinander liegen und an den Enden durch ein engeres Rohr verbunden sind;

2. aus einem Injectionsrohre oder Plateau, welches im Ofen über der Feuerthüre liegt und mit dem Dampfüberhitzer oder auch mit dem durchlöcherten Luftrohre verbunden ist, sodaß es den Dampf gegen die Feuerung ausstrahlt. Bei den von uns geprüften Apparaten trat der Dampf durch ein einfaches, mit kleinen Löchern versehenes Rohr aus, welches gegen den Herd von der innern Wand des Vordertheiles des Feuerraumes aus blies, und dessen Löcher so gerichtet waren, daß die Strahlen möglichst parallel nach dem Anfang der Feuerbrücke gingen;

3. aus einem mit Hähnen versehenen Dampfzuführungsrohre, welches vom Dampfkessel oder auch vom Austrittsrohre der Dampfmaschine nach dem Ueberhitzer führt;

4. aus einem im Ofen über der Feuerung liegenden und derartig eingerichteten Luftrohre, daß die Luft leicht eintritt und sich dann erhitzt nach dem Injectionsrohre begiebt. Dieses Luftrohr scheint kein wesentlicher Theil des Apparates zu sein, da Herr Thierry bei mehreren uns vorgeführten Feuerungen in der Thüre nur Luftlöcher zur Erleichterung des Eintrittes der frischen Luft unmittelbar über dem Dampfstrahle angebracht hat.

Die vorstehenden Angaben zeigen, wie einfach die ganze Vorrichtung ist; wir müssen einige historische Details beifügen, um das Neue an der Sache klar machen zu können.

Die Idee, den Dampf zur Verbrennung des Rauches bei Dampfkesseln anzuwenden, ist nicht neu; sie ist bereits in dem Patente des Spinners Ivison zu Edinburg vom 24. Februar 1838 ausgesprochen. Das Patent Ivison's lautet „auf eine Art und Weise der Verbrennung des Rauches, welcher sich in Dampfkessel- und andern Oefen, wo Steinkohle gebrannt wird, aus der Steinkohle entwickelt, durch Einführung von Dampf über dem brennenden Brennmaterial, wodurch nicht blos der Rauch verzehrt, sondern auch an Steinkohle erspart wird, weil eine gleiche Quantität Kohle einen bessern Effect geben wird."

„Zu dem Ende wird der Dampf mittelst eines Hahnrohres aus einem Hochdruckdampfkessel entnommen und in den Ofen geführt. Dieses Rohr endigt in einer fächerförmigen Mündung mit vielen kleinen Löchern, durch welche der Dampf in dünnen Strahlen von oben nach unten über dem Brennmaterial ausströmen kann."

Dieses Citat zeigt die Weise, wie Ivison den Dampf anwendet, genau; der Dampf war nicht überhitzt und wurde von oben nach unten (nicht in der Richtung der abziehenden Gase) in den Ofen geblasen.

Parkins, welcher sich so vielfach mit der Anwendung hochgespannter Dämpfe beschäftigt hat, giebt in einem be-

sondern, der Verbesserung der Eisenindustrie gewidmeten Artikel (Bulletin du musée de l'industrie, 1844, S. 108) einige Andeutungen über die Anwendung überhitzten Dampfes bei metallurgischen Processen. Er sagt selbst:

„Man könnte sich auch, wie mir scheint, dieses überhitzten Dampfes in der Art bedienen, daß man ihn im Busen oder über der Flamme eines angezündeten Herdes ausstrahlen ließe, um die Intensität des Feuers zu erhöhen oder den Rauch zu verhüten. Ich habe mich in der That durch Versuche überzeugt, daß dieses Mittel diesen doppelten Erfolg gewährt."

In Bezug auf die wissenschaftliche Auffassung scheint also Parkins der wahre Erfinder der Anwendung überhitzten Dampfes zum Einblasen in einen Feuerraum behufs der Rauchverbrennung zu sein. Doch kann wohl die Idee Parkins's nicht ausgebeutet worden sein und, wenn man noch eine Reihe von Vorschlägen, welche sämmtlich auf der Einführung nicht überhitzter Dämpfe durch den Aschenfall oder durch die Roststäbe selbst beruhen, übergeht, so muß man sich bis zu dem unter dem 9. Januar 1855 genommenen Patent von Joseph Hazard hindurcharbeiten, ehe man zu einer wirklichen Realisirung des fraglichen Verfahrens gelangt.

Die Angaben Hazard's lassen sich folgendermaaßen zusammenfassen:

1. Ueberhitzung des behufs der Rauchverbrennung in den Herd zu spritzenden Dampfes;
2. diese Ueberhitzung wird durch die Wirkung des Herdes selbst bewirkt;
3. sie erfolgt in einem das Gewölbe des Feuerraumes einnehmenden und folglich zwischen dem Roste und dem Kessel liegenden Schlangenrohre;
4. die Einspritzung des Dampfes geschieht über den brennenden Kohlen mittelst zahlreicher dünner Strahlen an der Stelle, wo sich Rauch zu entwickeln pflegt.

Die praktischen Bedingungen der Anwendung sind hierdurch festgestellt und zwar in derselben Weise, als in den später von Guy-Richer und von Thierry unter dem 24. April und 19. Mai 1855 genommenen Patenten. Thierry war überdies Mitarbeiter von Hazard und ist jetzt sein Patent-Nachfolger und es ist Seiten der Regierung entschieden worden, daß das Guy-Richer'sche Patent selbst ebenso sein Eigenthum sei.

Seit 1856 kennen wir die nach diesen Grundsätzen eingerichteten Feuerungen im Hospital Saint Louis und an einer Locomotive der Westbahn. Die Rauchverbrennung war ausgezeichnet, aber die in dem Feuerraume selbst untergebrachten Ueberhitzungsröhren kamen sehr rasch außer Brauchbarkeit. Herr Thierry hat durch sein Patent vom 9. Januar 1865 dieser raschen Zerstörung entgegenzuarbeiten gesucht, indem er alle Theile des Ueberhitzungsapparates in die Seitenwände des Feuerraumes verlegte. In dieser verbesserten Weise wurde dieser Apparat unserer Prüfung übergeben und wir haben nun im Nachstehenden über die Ergebnisse unserer Versuche Bericht zu erstatten.

Erste Versuche im Conservatorium des Arts et Métiers.

Im September 1860 wurde an einem der Kessel des Conservatoriums ein Thierry'scher Apparat angebracht. Der Dampf wurde durch vier 4 Mill. weite Oeffnungen im Ofen vertheilt und abwechselnd mit oder ohne Apparat gearbeitet, wobei jeden Tag die Dampfspannung im Kessel und die Zahl der Umgänge der blos zum Betrieb der Transmission des Etablissements und einer Appold'schen Rotationspumpe dienenden Dampfmaschine notirt wurde.

Nachstehendes sind die Hauptresultate dieser Versuche:

Datum.	Dauer des Versuches.	Verbrannte Steinkohle.	Verdampftes Wasser.	Mittlerer Druck im Kessel.	Umgänge pro Min.	Verdampftes Wasser pro Kilogr. Kohle.
28. Sept. 1860.	5 Stdn. 30 Min.	153 Kil.	968 Lit.	4,99 Atm.	41,80	6,32 Lit.
5. Okt. „	5 „ — „	121 „	1113 „	5,20 „	42,07	9,20 „
					Mittel	7,76 Liter.
29. Sept. 1860.	5 „ 9 „	121,5 „	787 „	5,02 „	41,80	6,50 „
6. Okt. „	5 „ — „	100,0 „	1067 „	5,22 „	42,18	10,67 „
						8,58 Liter.

Die Notizen über diese Probefeuerungen besagen, daß die Rauchverbrennung bei Anwendung der Dampfstrahlen eine vollständige war, es scheint aber aus den vorstehenden Ziffern hervorzugehen, daß die Verdampfung in diesem Falle eine wesentlich niedrigere war, als wenn der Kessel unter gewöhnlichen Umständen arbeitete.

Was die starken Differenzen zwischen den pro Kilogramm Kohle verdampften Wassermengen am 20. und 30. September*) und am 5. und 6. Oktober anlangt, so erklären sie sich dadurch, daß bei der ersten Reihe der Zug sehr matt, bei der zweiten dagegen sehr kräftig war; übrigens feuerte man auch nicht mit derselben Kohle, hatte vielmehr zur zweiten Versuchsreihe Kohle der besten Beschaffenheit. Sobald der Dampfstrahl abgesperrt wurde,

*) Soll wohl heißen: am 28. und 29. September.

trat Rauch hervor und zwar zeigte sich derselbe stets 5 Minuten nach jedem Aufgeben.

Erste Versuche in den Werkstätten an der Passage de la Pompe.

Hr. Thierry hat auch in seinem Atelier an der genannten Straße einen mit seinem Apparate versehenen Dampfkessel aufgestellt, an welchem Herr Silbermann die nachstehenden Data beobachtete.

Dauer der Versuche.	Verbrannte Kohle.	Verdampftes Wasser.	Mittlere Spannung.	Verdampftes Wasser pro Kil. Kohle.
2 Stdn. 30 Min.	69 Kil.	330 Lit.	5,65 Atm.	4,78 Lit.
2 „ 31 „	69 „	312 „	4,62 „	4,52 „
			Mittel	4,65 Lit.
2 „ 11 „	64 „	345 „	5,66 „	5,38 „
2 „ 30 „	75 „	451 „	5,18 „	6,01 „
			Mittel	5,69 Lit.

Obwohl diese Versuche nicht lange genug fortgesetzt wurden und sich aus Versuchen mit so geringer Leistung nicht gut Schlüsse ziehen lassen, so sieht man doch, daß bei denselben der Apparat sich sehr günstig bewährt hat. Wenn es leicht ist, den Effect einer mangelhaften Heizanlage zu verbessern, so ist es durchaus nicht eben so leicht, den Effect eines Generators zu erhöhen, welcher schon an sich eine gute Verdampfung besitzt.

Die Ziffer 5,69 begreift den direct ausgeströmten Dampf und denjenigen, welcher vom Rauchverbrennungsapparate verzehrt worden ist. Um die von Letzterem verwendete Dampfmenge zu ermitteln, ließ man zweimal hintereinander 20 Minuten lang den überhitzten Dampfstrahl in Wasser condensiren und beobachtete dabei, daß ungefähr 17,25 Kil. Dampf pro Stunde condensirt wurden.

Corrigirt man die Zahl 5,69 um dieses Quantum, so bekommt man 5,12 Kilogramme und es zeigt sich auch dann noch ein wesentlicher Gewinn an verdampftem Wasser gegen die Feuerung ohne Dampfstrahl. Außerdem ist aber die Rauchverbrennung vollkommen constatirt worden und es war auch zu beobachten, daß die Lebhaftigkeit der Verbrennung und die Länge der Flamme in bedeutendem Grade zunahm. Diese Erscheinung ist so deutlich, daß man bei mehreren Versuchen den Aschenfall ganz schließen konnte und blos eine Oeffnung von 2 Decimetern in der Thür offen zu halten brauchte, ja diese Thür sogar ganz schließen durfte.

Im ersten Falle erhielt man eine Bruttoverdampfung von 6,46 Kil. und im zweiten, wo man absichtlich den Luftzutritt möglichst gehemmt hatte, eine Verdampfung von 5,44 Kil. Wasser pro Kilogramm Kohle.

Es geht hieraus hervor, daß bei einem rationellen Gebrauch der Thierry'schen Vorrichtung die Zutrittsöffnungen der Luft passend eingeengt werden müssen, wenn nicht ein, stets den Nutzeffect beeinträchtigender, Ueberfluß von Luft in den Ofen eintreten soll.

Zweiter Versuch an der Passage de la Pompe.

Belehrt durch die Ergebnisse dieser Versuche ersetzte Herr Thierry die geschlossene Thür seiner Feuerung durch eine Thür mit Jalousien, welche mit Hand geschlossen und in einem mehr oder weniger geöffneten Zustande erhalten werden konnte.

Die über diese Einrichtung angestellten vergleichenden Versuche zeigt nachstehende Tabelle.

Datum des Versuches.	Dauer des Versuches.	Verbrannte Kohle.	Verdampftes Wasser.	Mittlere Spannung.	Verdampftes Wasser pro Kilogr. Kohle.
14. April 1862.	2 Stdn. 30 Min.	69,0 Kil.	321 Kil.	5,15 Atm.	4,65 Kil.
13. „ „	2 „ 30 „	53,0 „	307 „	5,40 „	5,79 „
13. „ „	2 „ 30 „	46,0 „	365 „	5,20 „	7,93 „
14. „ „	2 „ 30 „	38,5 „	225 „	4,65 „	5,84 „

Der erste Versuch geschah ohne Rauchverbrennung, mit offenem Aschenloch und geschlossener voller Thür,

der zweite mit Rauchverbrennung, offenem Aschenloch und geschlossener voller Thür,

der dritte mit Rauchverbrennung, offenem Aschenloch, aufstehender voller Thür,

der vierte mit Rauchverbrennung, geschlossenem Aschenloch, geöffneten Jalousien an der Thür.

Auch diese Versuche beweisen, daß die Anwendung des überhitzten Dampfstrahls vortheilhaft gewesen ist, und es war dies von einem Kessel mit ungenügender Heizfläche nicht anders zu erwarten, da er durch die Verlängerung der Flamme in allen seinen Theilen einer höheren Temperatur ausgesetzt wurde.

Bemerkenswerth ist es, daß die Verdampfung von 7,93 Kil. Wasser dem Zustande entspricht, wo die Luftzutrittsöffnungen auf's Minimum reducirt sind*), und es ist daher auf diesen Umstand wohl zu achten, wenn man diese Vorrichtung richtig ausbeuten will.

Nach der erwähnten speciellen Bestimmung des durch die Blasrohre ausströmenden Dampfes kann man diesen Dampfverbrauch auf 12,5 Liter für jeden der Versuche ansetzen, und wenn man dann die pro Kilogramm

*) Hier scheint eine Verwechselung vorzuliegen. D. Red.

Brennmaterial erzielten Dampfmengen berechnet, so bekommt man:

für den 1. Versuch ohne Rauchverbrennung	4,65	Kil.
„ „ 2. „ mit „	5,56	„
„ „ 3. „ mit „	7,66	„
„ „ 4. „ mit „	5,54	„

wovon die Ziffer 7,66 Kilogr. als eine ziemlich befriedigende bezeichnet werden kann.

Zweite Versuchsreihe im Conservatorium der Künste und Gewerbe.

Da die vorstehenden Versuche an dem kleinen Kessel des Herrn Thierry angestellt waren, so hielten wir es für nöthig, sie an dem großen Kessel des Conservatoriums zu wiederholen, wobei wir folgende Resultate erhielten:

Datum des Versuches.	Dauer des Versuches.	Verbrannte Kohle.	Verdampftes Wasser.	Mittlere Spannung.	Verdampftes Wasser pro Kil. Kohle.	Bemerkungen.
18. Juni 1862.	2 Stdn. 30 Min.	60,00 Kil.	314 Kil.	5,05 Atm.	5,23 Kil.	ohne Rauchverbrennung.
21. „ „	2 „ 15 „	72,30 „	444 „	5,00 „	5,72 „	„ „
18. „ „	2 „ 30 „	51,00 „	354 „	5,10 „	6,94 „	mit Rauchverbr., geschlossener Thür, offenem Aschenloch.
21. „ „	2 „ 30 „	75,00 „	507 „	5,00 „	6,76 „	mit Rauchverbr., offner Thür, etwas geöffnetem Aschenloch.
23. „ „	2 „ 30 „	70,00 „	434 „	5,00 „	6,20 „	mit Rauchverbr., geschlossener Thür, offenem Aschenloch.
23. „ „	2 „ 30 „	55,00 „	353 „	5,00 „	6,42 „	mit Rauchverbr., halboffener Thür, geschloss. Aschenloch.
24. „ „	2 „ 30 „	64,40 „	309 „	5,00 „	4,79 „	mit Rauchverbr., verengtem Register, klarer Kohle.
24. „ „	2 „ 30 „	59,84 „	383 „	5,00 „	6,40 „	mit Rauchverbr., ganz offenem Register.

Bei diesen Versuchen wurde der Dampf direct in einen Rinnstein abgelassen, wohin er beim Austritt aus dem Kessel durch ein besonderes Rohr geleitet wurde. Sie zeigen, daß bei Anwendung des Rauchverbrennungsapparates mit entschiedenem Gewinn gearbeitet wurde, wir müssen aber bemerken, daß das Feuer immer sehr niedrig gehalten wurde, und daß daher bei Nichtanwendung des Apparates die Oeffnungen des Aschenfalles ohne Zweifel eine zu große Luftmenge hindurchließen. Mit Ausnahme des Versuches vom 21. Juni, wo sich fast die ganze Zeit hindurch Rauch zeigte, war übrigens der Rauchverbrennungsapparat durchaus sehr wirksam und ließ nicht die geringste Spur von Rauchproduction erkennen.

Das Blasrohr verbrauchte durchschnittlich pro Stunde 9,52 Kil. Dampf, dessen Gewicht wie vorher bestimmt wurde, was für die Dauer eines Versuches auf $2\frac{1}{2}$ Stdn. 23,8 Kilogramme macht. Zieht man dieses Quantum von obigen Ziffern der Verdampfung ab, so erhalten wir für die pro Kilogramm Kohle erzielten Dampfmengen

beim Versuche Nr. 2	6,47	Kil.
„ „ „ 4	6,44	„
„ „ „ 5	5,86	„
„ „ „ 6	5,98	„
„ „ „ 7	4,42	„
„ „ „ 8	6,00	„
Mittel	5,86	Kil.

während der Kessel ohne Rauchverbrennungsapparat blos 5,47 Kilogr. Wasser verdampfte.

Versuche im Arsenal zu Cherbourg.

Da uns Herr Thierry davon in Kenntniß gesetzt hatte, daß er seine Vorrichtung an den Kesseln des Arsenals zu Cherbourg angebracht habe, so beschlossen wir über die Resultate, welche sich daselbst bei der Uebernahme ergeben würden, Erkundigungen einzuziehen.

Der erste Bericht datirt vom 21. Mai 1861 und constatirt:

1. daß der an den Kesseln der Maleranstalt angebrachte Apparat einfach, leicht zu handhaben und ungefährlich sei,

2. daß er den Zug und die Verbrennung befördere und die Anwendung von geringeren Kohlen gestatte,

3. daß die Gase ganz verbrannt und die Feuerung eine rauchlose sei.

Diese Aeußerungen enthalten Nichts über die ökonomischen Vortheile, genauere Versuche jedoch, welche im Oktober 1861 an einem andern Kessel angestellt wurden, bewiesen, daß die Dampfproduction pro Kilogramm Steinkohle von 5,1 auf 5,86 Kilogramme erhöht worden war.

Dieses Ergebniß war zu günstig, als daß wir nicht eine Wiederholung der Versuche vorzunehmen veranlaßt

worden wären. Wir begaben uns demgemäß den 25. December 1862 nach Cherbourg und fanden durch Güte des Herrn Marine-Ingenieurs Antoine alle Vorbereitungen so getroffen, daß die Versuche mit wünschenswerther Genauigkeit durchgeführt werden konnten. Die Wichtigkeit dieser Versuche macht es nöthig, die Dispositionen der Versuchskessel hier näher zu beschreiben.

Das Kesselhaus des Pumpwerkes des Nord-Docks des Bassins Napoleons III. zu Cherbourg enthält einen großen, die 6 Kessel umschließenden Ofen. Bei den drei westlichen Kesseln war der Thierry'sche Apparat angebracht, was bei den drei andern, ganz ähnlichen Kesseln noch nicht geschehen war. Auf Tafel 25 ist die Einrichtung dieser Kessel in Fig. 6 dargestellt; sie bestehen aus einem Cylinderkessel von 1 Meter Weite und 6 Metern Länge und drei Siedern von 0,45 Meter Weite und 6,3 Metern Länge. Die sechs Kessel liegen vor einem dahinter vorbeigehenden Rauchcanale, welcher in die Esse mündet, und können alle zusammen, oder in getrennten Gruppen mit der Esse verbunden werden.

Es folgen hier die Hauptmaaße:

Länge jedes Kessels	6	Meter.
Länge der Sieder	6,3	„
Entfernung der Kessel von Axe zu Axe	2,0	„
Abstand der Sieder eines Kessels von einander	0,55	„
Länge des Rostes	1,74	„
Breite „ „	1,18	„
Abstand der Roststäbe	0,014	„
Durchmesser des Schornsteins	1,20	„

Die beiden Gruppen von Kesseln sind im Stande, einzeln die Pumpmaschinerie zu speisen, sodaß abwechselnd die drei westlichen und die drei östlichen Kessel gefeuert werden. Jede dieser Gruppen besitzt

eine totale Heizfläche der Hauptkessel von	28,26	Qu.-Met.
„ „ „ „ Hosen „	8,45	„
„ „ „ „ 9 Sieder	70,04	„
Summe	114,75	Qu.-Met.
einen totalen Wasserraum von	14,82	Cub.-Met.
„ Dampfraum „	6,78	„
Summe	21,60	Cub.-Met.
eine totale Rostfläche von	6,00	Qu.-Met.
einen Schornsteinquerschnitt von	1,13	„

Hiernach ist die gesammte Heizfläche 19,12 mal so groß, als die Rostfläche, was schon ein ziemlich beträchtliches Verhältniß ist, wenn es auch nicht der günstigsten Benutzung des Brennmateriales entspricht.

Das Verhältniß zwischen der gesammten Rostfläche und dem Schornsteinquerschnitt ist 5,31 : 1, also mehr als hinreichend; in der That sind auch die Register stets nur wenig offen. Bei den ersten Versuchen mit dem Thierry'schen Apparate bemerkte man, daß die größere Lebhaftigkeit der Verbrennung die Verminderung des Rostquerschnittes gestattete, und die Roste sind deshalb bei dieser Gruppe der Kessel auf 1,34 Meter Länge und 0,9 Met. Breite verkleinert worden, was eine totale Rostfläche von 3,62 Quadratmetern (anstatt 6) ergiebt. Es erhebt sich hierdurch das Verhältniß zwischen der Heiz- und der Rostfläche auf das 31,7fache und man begreift, daß hierdurch die Wirkung der heißen Gase erhöht werden könne, da die wärmeaufnehmende Fläche im Verhältniß zu der mit dem Brennmaterial bedeckten Fläche größer geworden ist.

Die vorstehenden Angaben sind hinreichend, um die Details der Beobachtungen verständlich zu machen.

Am 26. December wurde die Pumpmaschine durch die westliche mit dem Thierry'schen Apparate versehene Kesselhälfte bedient, am 27. December aber durch die östliche Kesselgruppe ohne Rauchverbrennung. In beiden Fällen wurde mit reiner Newcastler Kohle geheizt, d. h. mit einem der rauchendsten Brennmaterialien. Die Menge wurde sorgfältig in unserer Gegenwart gewogen, die Speisewassermenge aber aus der Zahl der Umgänge einer Dampfspeisepumpe geschlossen, während überdies eine große Menge Diagramme abgenommen wurden, um die von dem Dampfe wirklich auf die Kolben übertragene Arbeit zu ermitteln.

Die beiden nachstehenden Tabellen (siehe flgde. Seite) geben das Nähere über diese Versuche.

Vergleicht man ohne Rücksicht auf die geleistete Arbeit blos die verdampften Wassermengen, so ergiebt sich, daß die Anwendung der Rauchverbrennung im vorliegenden Falle nur eine Oekonomie von 0,13 bewirkt hat.

Vorausgegangene Versuche, welche mit einem Gemenge von gleichen Theilen Newcastler und Cardiffer Kohle angestellt waren, hatten blos eine Ersparung von 0,11 ergeben und waren Ursache zu der Ordre gewesen, daß sämmtliche stehende Kessel in den Arsenalen zu Cherbourg und Toulon mit Thierry'schen Apparaten versehen werden möchten.

Die abgenommenen Diagramme gestatten die Vergleichung unter Berücksichtigung der geleisteten Arbeit. Beim Thierry'schen Apparate ist die Leistung proportional dem Product aus der Spielzahl in die mittlere Ordinate, also der Zahl: 13480 . 11,15 = 15032 und wenn man mit der verbrannten Kohlenmenge (1170 Kilogrammen) dividirt, erhält man pro 1 Kilogramm die Ziffer 8,49. Ohne den Apparat ergiebt sich die Leistung = 12365 . 11,03 = 13639 bei einem Brennmaterialconsum von 1850 Kilogrammen, also ist die Leistung pro Kilogramm nur 7,37. Es ergiebt sich also für den Rauchverbrennungsapparat ein relativer Vortheil von

$$\frac{8{,}49 - 7{,}37}{8{,}49} = 0{,}132,$$

Versuche vom 26. December 1862 **mit** dem Rauchverbrennungsapparat.

Beobachtungszeit.	Umgänge am Spielzähler.	Spannung in den Kesseln. Atm.	Zahl der Diagramme.	Mittlere Ordinate der Diagramme. oberer Raum Mill.	unterer Raum Mill.
9h 30	0	5,00	"	"	"
10.	1118	4,50	1	12,3	12,1
10. 30	2239	4,40	2	11,0	11,5
11.	3374	4,50	3	11,9	12,4
11. 30	4524	4,50	4	11,7	11,9
12.	5670	4,70	5	11,3	11,0
12. 30	6777	4,40	6	10,4	10,3
1.	7850	4,45	7	10,2	10,3
1. 30	8980	4,60	8	11,5	11,1
2.	10110	4,40	9	10,3	10,5
2. 30	11253	4,60	10	11,0	11,8
3.	12366	4,45	11	10,4	10,4
3. 30	13480	"	"	"	"
	37,44 pro Min.			11,15	

Verbrannte Kohle . . . . 1770 Kil.
pro Stunde 295,00 Kil.
Verdampftes Wasser . . . . . . 9273 "
pro Stunde 1545,50 Kil.
Rückstände auf dem Roste . . . . 348 "
Mittlere Ordinate der Diagramme
11,15 Mill.
Verdampftes Wasser pro Kilogr.
Steinkohle . . . . 5,29 "

Versuche am 27. December **ohne** Rauchverbrennungsapparat.

Beobachtungszeit.	Umgänge am Spielzähler.	Spannung in den Kesseln. Atm.	Zahl der Diagramme.	Mittlere Ordinate der Diagramme. oberer Raum Mill.	unterer Raum Mill.
10h	0	5,00	"	"	"
10. 30	1100	4,70	1	10,9	11,1
11.	2232	4,50	2	11,2	11,5
11. 30	3346	4,70	3	11,3	11,0
12.	4456	4,60	4	10,9	10,5
12. 30	5550	4,35	5	10,2	10,0
1.	6640	4,60	6	11,2	11,1
1. 30	7776	4,40	7	10,9	10,9
2.	8920	4,60	8	11,5	11,4
2. 30	10073	4,50	9	11,5	11,2
3.	11223	4,50	10	11,5	11,0
3. 30	12365	4,50	"	11,2	"
	34,34 pro Min.			11,03	

Verbranntes Kohlenquantum . . . 1850 Kil.
pro Stunde 308,33 Kil.
Verdampftes Wasser . . . . . . 8500 "
pro Stunde 1417,00 Kil.
Schlacken . . . . 540 "
Mittlere Ordinate 11,03 Mill.
Verdampftes Wasser pro Kilogr.
Kohle . . . . 4,6 "

was den nach der verdampften Wassermenge berechneten Gewinn vollkommen bestätigt.

Wären dieselben Vortheile auch an andern Kesseln constatirt worden, so würde man behaupten können, daß der Thierry'sche Apparat eine wesentliche Kohlenersparniß bewirke, aber wenn wir uns auch nur auf den Standpunkt einer allgemeinen Begutachtung stellen, so glauben wir wenigstens so viel mit Sicherheit aussprechen zu dürfen, daß diejenigen Industriellen, welche ihn anwenden, mindestens darüber sicher sein können, daß sie nicht mehr Brennmaterial als vorher verbrauchen werden, und daß sie alle Unzuträglichkeiten des Rauches, die so oft zu Recla-

mationen von Seiten der Nachbarschaft Anlaß geben, und zu deren Hebung ohne Zweifel bald administrative Anordnungen ertheilt werden werden, damit beseitigen werden. Wir dürfen sogar ohne Uebertreibung aussprechen, daß in vielen Fällen eine merkliche Ersparniß durch den Apparat erzielt werden wird.

Die durch den Ingenieur der Sanitätsbehörden in Paris, Herrn Ser, ausgeführten Analysen der verbrannten Gase haben übrigens bewiesen, daß bei recht zweckmäßiger Einrichtung des Thierry'schen Apparates kaum mehr Luft verzehrt wird, als bei gewöhnlichen Feuerungen, während doch Wasserstoff und Kohlenstoff vollkommen verbrannt werden. Aus seinen Untersuchungen geht nämlich hervor, daß beim Thierry'schen Apparate in den Verbrennungsproducten dem Volumen nach 0,82 Stickstoff enthalten sind, während bei demselben Schornsteine, aber ohne Anwendung des Apparates, das Verhältniß 0,79 gefunden wurde.

Seit die Versuche zu Cherbourg ausgeführt wurden, hat Herr Thierry Auftrag erhalten, seinen Apparat auf einem Schiffe der Flotte anzubringen; er bedient sich dann eines besonderen Ofens zur Ueberhitzung der Dämpfe, um jedes Fortreißen von Salz zu verhüten, was die Oeffnungen des Blasapparates verstopfen könnte. Wir bedauern, über diese Anwendung noch keine Mittheilungen machen zu können.

Das Hauptergebniß unserer Erörterungen dürfte daher dahin lauten:

1. daß der Thierry'sche Apparat den Rauch bei Dampfkesselfeuerungen vollkommen beseitigt,
2. daß dieses Relultat ohne Vermehrung des Brennmaterialaufwandes und sogar fast stets mit namhafter Ersparniß erzielt wird,
3. daß seine Aufstellung leicht ist,
4. daß er fast überall und ohne Verschlechterung der Verbrennung kleinere Rostdimensionen gestattet, und
5. daß er demnach den Industriellen angelegentlich zu empfehlen ist.

Beschreibung der Figuren 6 bis 9 auf Tafel 25.

Fig. 6 zeigt einen der drei westlichen Kessel der Docks zu Cherbourg im Längendurchschnitt.

Fig. 7 giebt in größerem Maaßstabe die Ueberhitzungsrohre und zwar in derselben Stellung, wie in Fig. 6.

Fig. 8. Allgemeiner Grundriß des Thierry'schen Apparates mit seinem Ueberhitzer.

Fig. 9. Vorderansicht des Blasrohres, aus dem Innern des Ofens gesehen.

A ist der cylindrische Körper des Kessels sammt Dampfdom A'.
B Siederohre mit Mannloch und Deckel.
C Feuerthür.
D Thür des Aschfalles.
G Rost aus 13 Roststäben bestehend.
aa Dampfleitung für das Blasrohr.
b Hahn zum Verschließen der Verbindung mit dem Ueberhitzer.
c,c Ueberhitzungsröhren, welche an ihren hintern Enden durch ein engeres Rohr c' verbunden sind.
d Knierohr, durch welches das 2. Ueberhitzungsrohr c entweder mit dem Probirhahn e, oder mit dem Hahn f des Blasrohres verbunden wird,
g Blasrohr, dessen Oeffnungen so gerichtet sind, daß sie die Strahlen von überhitztem Dampf in den nach dem Ende des Rostes oder nach dem Anfang der Feuerbrücke zielenden Richtungen mn oder mp ausströmen.
h Hahn, mittelst dessen man den durch den Blasapparat gegangenen Dampf austreten lassen kann, um seine Ueberhitzung zu untersuchen.

Die Eisenbahn über den Mont Cenis.

(Nach dem Civil Engineer- and Architects Journal vom 1. August 1865.)

Soeben ist eine Reihe officieller Versuche bezüglich der projectirten Mont Cenis-Eisenbahn, welche während der Vollendung des Tunnels durch diesen Berg die Communication besorgen soll, vollendet worden. Seiten der englischen Regierung wohnte denselben Capitain Tyler als Commissar bei und dieser hat unlängst seinen Bericht erstattet. Die Versuche sollten mit eben so schweren Zügen und mit eben so großen Geschwindigkeiten durchgeführt werden, als von den Unternehmern für den Verkehr zwischen Susa und St. Michel projectirt waren, nämlich mit Zügen à 50 Passagieren sammt Gepäck und der Post und mit $4^1/_2$ Stunden Fahrzeit. Bei sämmtlichen Versuchen fiel

die Geschwindigkeit größer aus. Zu der Eisenbahn war der äußere Rand der Straße über den Mont Cenis, also der Rand des Abhanges, abgetreten worden und es waren daher Vorkehrungen zu treffen, um Unfällen vorzubeugen; aber alle Personen, welche den bereits fertig hergestellten Theil der Eisenbahn wiederholt besichtigt und bereist haben, sprechen sich dahin aus, daß sie gänzlich gefahrlos sei. Es wäre auch eine reine Thorheit zu nennen, wenn die Unternehmer sich auf diese Ausführung eingelassen hätten, ohne sich vorher von der Möglichkeit der Beseitigung aller Gefahr überzeugt zu haben.

In der Eisenbahnroute zwischen Frankreich und Italien über den Mont Cenis besteht jetzt noch eine Unterbrechung von 75 Kilometern zwischen Susa und St. Michel, und diese Entfernung muß per Diligence in 9 Stunden im Sommer und in $10^1/_2$ Stunden im Winter zurückgelegt werden. Der Uebergang über den Berg, dessen Anfang auf französischer Seite bei Lanslebourg angenommen werden kann, erfolgt auf einer 9 bis 10 Meter breiten Straße mit einer mittleren Steigung von 1:13; der Verkehr wird aber im Winter sehr durch den Schnee gestört und zu gewissen Zeiten ist er durch Lawinen und durch die Schwierigkeit, die schweren Diligencen über Eis und Schnee bergab fahren zu lassen, sehr gefährdet. Während eines Theiles des Winters erfolgt der Verkehr auch zu Schlitten und dann ist die Dauer der Reise ganz vom Zustande des Wetters abhängig.

Um Zeit zu gewinnen und die Unannehmlichkeiten dieses Ueberganges zu vermindern, ist man bekanntlich im Begriff, einen großen Tunnel von 12220 Meter Länge zwischen Modane und Bardonnèche durch den Berg zu treiben. Bereits sind auf der Seite von Modane 2011, auf der von Bardonnèche 2700 Met. Tunnellänge aufgefahren, sodaß noch 7500 Meter zu vollenden sind. Die höchst sinnreichen Bohrmaschinen der Herren Sommeiller, Grandis und Grattoni werden durch Luft betrieben, welche mittelst unten im Thale bei $2^1/_2$ Kilom. Entfernung aufgestellter Wasserräder auf 5 Atmosphären comprimirt wird und die ca. 1 Meter tief geschlagenen Bohrlöcher werden in der gewöhnlichen Weise mit Pulver geladen und weggethan. Man behauptet, daß fünf von diesen Wasserrädern, welche 400 Pferdekräfte repräsentiren, erforderlich sind, um 27 Pferdekräfte zum Betrieb von neun, vor dem Stoße des Tunnels liegenden Bohrmaschinen und eine ziemlich mangelhafte Ventilation im Tunnel zu beschaffen, und daß über 8000 Pfd. Sterl. Kosten bei Herstellung cylindrischer Windreservoirs aus Blech aufgewendet worden sind, welche die zu Speisung der Bohrmaschinen während eines halben Tages erforderliche Luft fassen können, und welche in den Intervallen, wo die Bohrmaschinen ruhen, gefüllt werden.

Capitain Tyler berechnet, daß in Anbetracht der zeitherigen Fortschritte des Bohrens und in Berücksichtigung der zu erwartenden Gesteinsfestigkeit, dieser Tunnel nicht eher als in 7 bis 8 Jahren fertig werden könne, selbst wenn man von Extra-Schwierigkeiten in der Ventilation oder durch zu erschrotendes Wasser nicht reden wolle. Außerdem sind noch andere Schwierigkeiten, unter anderm auch noch einige Tunnel auf der für die definitive Eisenbahn angenommenen Route zu überwinden, deren Vollendung mehrere Jahre in Anspruch nehmen kann.

Unter diesen Umständen hat Herr J. B. Fell für die Herren Brassey & Comp. der französischen und italienischen Regierung proponirt, von St. Michel über den Mont Cenis nach Susa eine provisorische Eisenbahn zu bauen, welche in der Zwischenzeit bis zur Vollendung des großen Tunnels den Dienst versehen und sich an die Hauptbahn anschließen solle. Herr Fell hat keine Art von Unterstützungen beansprucht, da die Gesellschaft, der er dient, sich von dem Betriebe Ueberschuß und Rückerstattung ihres Anlagscapitals verspricht.

Die zu überwindenden Steigungen waren indessen von der Art, daß eine Locomotive nach dem gewöhnlichen Betriebssysteme, wo nur die zwischen den Schienen und den Treibrädern in Folge der Schwere der Maschine entstehende Reibung benutzt wird, keine Last aufwärts zu ziehen im Stande sein würde; demgemäß nahm man eine schon vor langen Jahren patentirte, aber nicht praktisch erprobte Idee auf, wonach zwischen die gewöhnlichen Laufschienen eine dritte Schiene gelagert und diese von besonderen horizontalen Treibrädern an der Maschine zwischen sich gefaßt wird, um die Adhäsion zu vergrößern. Es wurde aus einer größeren Zahl von Entwürfen, welche Herrn Fell patentirt sind, eine Locomotive ausgewählt und gebaut, welche zwei Paar horizontale und zwei Paar verticale Treibräder besitzt, und mit der Erlaubniß und Unterstützung der London- und Nordwest-Eisenbahncompagnie in Derbishire auf der Cromford- und High-Peak-Eisenbahnlinie ein 800 Yards (730 Meter) langes Versuchsgeleis gelegt, dessen Spurweite $3' 7^5/_8''$ betrug, und auf welchem 180 Yards Länge in gerader Linie mit der Steigung 1:13,5 und 150 Yards Curven mit Radien von $2^1/_2$ und $3^1/_2$ Ketten (à 20,4 Meter) und mit der Steigung 1:12 vorkamen. Die dritte Schiene wurde 19 Centimeter höher, als die andern Schienen gelegt.

Bei einer Reihe von Versuchen, welche vom September 1863 bis zum Februar 1864 andauerten, versagte die erste Locomotive, welche mit 120 Pfd. Druck pro Quadratzoll arbeitete, niemals, wenn sie eine Last von 24 bis höchstens 30 Tons aufwärts zu schleppen hatte. Die äußeren Cylinder, welche die vier, bei voller Ladung der Maschine mit 16 Tons belasteten verticalen Treibräder bewegten, brachten blos die Maschine und einen 7 Tons schweren Waggon fort, während die innenliegenden Cylinder, welche die mit

12 Tons Druck gegen die Mittelschiene angepreßten horizontalen Räder trieben, die Locomotive in Stand setzten, unter denselben Verhältnissen 24 Tons Gewicht aufwärts zu ziehen, und für sich im Stande waren, die Maschine allein durch die Curven hinaufzuschieben. Sie repräsentirten eine Zugkraft von 17 Tons, wenn diejenige der äußeren Cylinder gleich 23 Tons gesetzt wird, und dies entspricht ungefähr dem Adhäsionsgewichte.

Die Versuche an der High-Peak-Eisenbahn waren so gelungen, daß man sie mit Erlaubniß und zur Ueberzeugung der französischen Regierung am Mont Cenis selbst in größerem Maaßstabe zu wiederholen beschloß, da die italienische Regierung für den südlichen Abhang eine Concession ertheilen wollte, wenn das französische Gouvernement ebenfalls die Concession ertheile, und da das Letztere nach längerem Verzug dieselbe unter der Bedingung zugesagt hatte, daß die Ausführbarkeit des Systems factisch dargethan werde.

Die Versuchslinie, welche jetzt am Mont Cenis gebaut worden ist, liegt zwischen Lanslebourg und der Kuppe, in einer Höhe von 1622 Met. beginnend und in einer Höhe von 1773 Met. über der See endend. Sie ist nahe 2 Kilometer lang und steigt auf die ganze Länge durchschnittlich um 1 : 13, an der steilsten Stelle um 1 : 12. Sie windet sich auch in einer scharfen Curve von 40 Met. Radius um eine Ecke, wo zwei Zickzacklinien zu verbinden sind, und liegt, mit Ausnahme dieses Punktes, auf der Außenseite der Straße, von welcher sie $3^1/_2$ bis 4 Meter Breite einnimmt, so daß noch über 5 Meter Straßenbreite für den übrigen Wagenverkehr frei bleiben. Der freigebliebene Raum scheint für den dortigen Verkehr genügend groß zu sein. Die Diligencen und sonstige Wagen befahren die Straße ohne größere Schwierigkeiten, als früher und genießen noch den Vortheil der Bahneinfassung auf der Seite des Abhanges. Man hat auch bezüglich des Locomotivbetriebes neben einer Fahrstraße weniger Unzuträglichkeiten gefunden, als man erwartet hatte; denn da größtentheils dieselben Pferde und Maulthiere auf dieser Route laufen, so gewöhnen sie sich nach und nach an das Geräusch der Maschinen und Züge, und es ist in 3 Monaten des Betriebes kein Unfall passirt. Der Verkehr zu Wagen wird natürlich nach Eröffnung der Eisenbahn vergleichsweise sehr unbedeutend werden und dann wird ohne allen Zweifel der frei bleibende Raum vollkommen dafür ausreichen.

Diese Versuchsbahn ist absichtlich an der schwierigsten Stelle der Straße, wo man die Bahn ohne Ueberbauung lassen will, gelegt worden und hat in Bezug auf die Hindernisse durch Schnee während der sehr schlechten Witterung zu Anfange dieses Jahres eine starke Probe bestanden. Das sich hierbei ergebende Resultat war kaum zu vermuthen möglich, denn es zeigte sich im Winter eine stärkere Adhäsion als im Sommer. Wenn der Schnee bei Kälte von den Schienen entfernt ist, so sind sie trocken und in bester Ordnung, während der Straßenstaub, namentlich bei feuchter Witterung, sie gewissermaaßen fettig oder schlüpfrig macht.

Die Spurweite beträgt 1,1 Meter und die von der Victor-Emanuel-Eisenbahngesellschaft geborgten Schienen von I Form wiegen ungefähr 37 Kilogramme pro laufendes Meter. Die tragenden Schienen sind in den Stößen gelascht und liegen in gußeisernen Stühlchen, welche in der gewöhnlichen Weise auf 0,91 Meter weit auseinanderliegenden hölzernen Querschwellen befestigt sind. Die einzige Abweichung des Oberbaues besteht in der Zugabe noch einer dritten solchen Schiene, welche in der Mitte zwischen ihnen auf der Seite und mit ihrer Axe 19 Centimeter höher liegt. Sie wird von 9 Kilogr. schweren, theils guß-, theils schmiedeeisernen Stühlchen an den Stößen und von $7^1/_4$ Kilogr. schweren dazwischen getragen. Die Stühlchen liegen in den geraden Strecken 1,83, in den Curven 0,61 bis 0,91 Meter weit von einander entfernt, auch sind die Stöße der mittleren Schiene nicht gelascht, man beabsichtigt indessen, die Stöße mit Laschenschienen zu versehen und bei der definitiven Legung des Geleises den Abstand der Stühlchen in den geraden Strecken auf 0,91, in den Curven auf 0,45 Meter zu reduciren und sie auf den Längsschwellen, auf denen sie liegen, mit Schraubenbolzen zu befestigen. Die Längsschwellen sind 20 Cent. hoch und 30 Cent. breit und auf die Querschwellen genagelt, sollen aber bei dem definitivem Geleise besser befestigt werden.

Die jetzigen Schienen sind zum Gebrauch als mittlere Schienen nicht wohl geeignet, da die horizontalen Treibräder der Locomotiven blos auf dem vortretenden Theile der wulstigen Enden des Querschnittes laufen und sie auch nicht von der besten Qualität für Adhäsion gefertigt sind; daher läßt sich erwarten, daß die besonders anzuschaffenden Mittelschienen für den definitiven Oberbau eher noch wirksamer sein werden.

Die ganze Strecke von St. Michel nach Susa bekommt (wenn man den Culminationspunkt in der Mitte voraussetzt) eine durchschnittliche Steigung von 1 : 25,6; die steilste Steigung ist 1 : 12. Für alle Steigungen, welche mehr als 1 : 25 betragen, soll eine Mittelschiene gelegt werden.

Von 1960 Metern Länge der Versuchslinie liegen 850 Met. in Curven, und zwar 450 Meter in Curven, deren Radius von 84 bis 40 Metern schwankt, 400 Meter in Curven von 100 Meter Radius und mehr. Das Verhältniß der Curven zur ganzen Länge wird für den ganzen Tract von St. Michel nach Susa bedeutend günstiger sein und Herr Fell wird die Steigungen in den scharfen Curven vermindern, dagegen diejenigen auf den anstoßenden Geraden erhöhen, jedoch nicht über 1 : 12. Hierdurch wird der besondere Widerstand, welcher sonst in Folge der Reibung in

den Curven stattfinden würde, etwas herabgezogen und der Zugwiderstand für die ganze Linie gleichförmiger werden, da dann starke Steigungen und Curven nicht zusammenfallen.

Die Bahn wird 10 Wegübergänge erhalten, wovon sechs in steilere Steigungen als 1:25 fallen. An den Kreuzpunkten wird bisweilen die Mittelschiene weggelassen werden, an andern Stellen sollen Rampen aufgeworfen werden, auf denen Thiere und Wagen darüber wegpassiren können.

Mehr als 12 bis 15 Kilometer Bahn werden bedeckt werden müssen und man wird dabei dreierlei Methoden anwenden, nämlich hölzerne Dächer und Wände zur Abhaltung leichten Schnees auf 5 Kilometer Länge, eine Holz-Eisen-Construction auf 7 Kilometer Länge als Schutz gegen starke Schneedrifte und starke gemauerte Gewölbe auf 3 Kilometer Länge an verschiedenen Localitäten, wo Lawinen zu fallen pflegen. Man besitzt keine genauen Berichte über die am Mont Cenis fallenden Schneemengen, doch scheint der Kostenaufwand für Entfernung des Schnees von der Straße zur Unterhaltung des Verkehres jährlich durchschnittlich 12000 Francs zu betragen, während dieser Aufwand sich am St. Gotthard auf 31900 Francs beläuft. Die Kosten für Entfernung des Schnees von der Eisenbahn und die daraus dem Eisenbahnverkehr erwachsenden Schwierigkeiten sind natürlich verhältnißmäßig gering im Vergleich zu den zeitherigen Kosten bei Offenerhaltung der Fahrstraße, denn erstens wird die Eisenbahn an den, störenden Verwehungen zumeist ausgesetzten Stellen bedeckt werden, zweitens wird dieselbe längs des äußeren Randes der Straße hin gelegt und drittens werden die Locomotiven zur Bewegung von Schneepflügen benutzt werden können, wenn frischer Schneefall die Anwendung des Pfluges nöthig macht. Die Kosten für die Räumung der Bahn von Schnee sollen am Semmering 200 Francs pro Kilometer und Jahr betragen.

Die beiden jetzt auf dem Mont Cenis befindlichen Locomotiven sind mit besonderer Rücksicht auf folgende Aufgaben gebaut worden: sie sollen erstens eine möglichst hohe Leistung bei einem möglichst niedrigen Gewichte geben, um eine möglichst hohe Zugkraft zur Bewegung von Lasten über steile Steigungen übrig zu behalten; sie haben aber zweitens zur Erhöhung der Zugkraft horizontale, durch Federn gegen eine mittlere Schiene gepreßte Treibräder bekommen, und sie sind drittens auf geringe Geschwindigkeit, aber zum Durchlaufen von starken Curven eingerichtet.

Nr. 1 wiegt, ausgerüstet mit Coke und Wasser, 14,5 Tonnen und besitzt einen 2,376 Meter langen, 0,84 Meter weiten Kessel mit hundert 38 Millimeter starken Rauchröhren, dessen Heizfläche 39 und dessen Rostfläche 0,625 (?) Quadratmeter beträgt. Sie ist mit vier Dampfcylindern, zwei außenliegenden mit 29,8 Centimeter Durchmesser und 46 Cent. Hub zum Betrieb von vier gekuppelten, 0,66 Met. hohen und 1,6 Meter auseinanderstehenden Treibrädern und zwei innenliegenden Cylindern von 28 Cent. Durchmesser und 25,4 Cent. Hub zur Bewegung der vier horizontalen, 40,5 Cent. hohen und 48 Cent. auseinanderstehenden Treibräder versehen, welche jetzt mit 16 Tonnen Pressung (d. i. 4 Tonnen mehr als anfangs, und ungefähr ebensoviel, als auf den verticalen Treibrädern ruht) gegen die Mittelschiene gedrückt werden. Am hintern Ende sind noch Leiträder angebracht worden, welche ebenfalls auf die Mittelschiene wirken. Diese Maschine zeigt wesentliche Unvollkommenheiten, indem die Maschinentheile zu eng zusammengeschoben sind, als daß sie bequem zu untersuchen und zu repariren wären; der Kessel ist zu klein für den starken Verkehr am Mont Cenis und das Oel tropft von der Maschine auf die horizontalen Räder und vermindert ihre Adhäsionskraft; sie hat jedoch die Richtigkeit der Prinzipien, nach denen sie entworfen ist, genügend dargethan und kann in Anbetracht der Neuheit des Unternehmens als überraschend gelungen bezeichnet werden.

Ich habe mit dieser Maschine im Laufe von zwei Tagen sechs Fahrten auf und ab auf der Versuchslinie gemacht, bei denen sie jedesmal 16 Tonnen Last in drei Waggons (incl. Wagengewicht) schleppte und die Ersteigung der 1800 Meter langen Höhe in $8\frac{1}{2}$ Minuten mit 1 Atmosphäre Spannungsabnahme und 13,5 Cent. Sinken des Wasserstandes im Glase verrichtete, wenn die Spannung im Kessel $6\frac{1}{4}$ bis $8\frac{1}{2}$ Atmosphären betrug. Die erreichte Geschwindigkeit war stets größer als die für Expreßzüge bei gleicher Schwere bestimmte Schnelligkeit, nämlich durchschnittlich $13\frac{1}{2}$ Kilometer pro Stunde statt 12 Kilometer, welche die höchste in dem der französischen Regierung vorgelegten Programme angegebene Geschwindigkeit für diesen Theil der Linie ist. Das Wetter war schön und ruhig und die Laufschienen im besten Zustande, wogegen die Mittelschiene, sowie die horizontalen Treibräder ölig und in einem sehr ungünstigen Zustande zu Erzeugung genügender Adhäsion waren.

Nachstehende Rechnung zeigt die von der Maschine Nr. 1 während dieser Versuche durchschnittlich verrichtete Arbeit unter Vernachlässigung des besonderen Curvenwiderstandes und des Widerstandes der Luft, und unter Zugrundelegung englischer Maaße und Gewichte:

Widerstand der Schwere	$\frac{32 \cdot 2240}{13}$	=	5514 Pfd.
Reibung der äußeren Räder	16.20	=	320 „
Reibung der horizontalen Räder	16.20	=	320 „
Reibung des Zuges	16.10	=	160 „
ausgeübte Zugkraft			6314 Pfd.

Die Geschwindigkeit betrug $\frac{1800 \,.\, 3{,}28}{8^1/_8} = 727$ Fuß pro Minute, daher berechnet sich die Leistung auf

$$\frac{727 \,.\, 6314}{33000} = 139 \text{ Pferdekräfte}$$

und bei 12 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde auf 125 Pferdekräfte.

Setzt man wegen der scharfen Curven 10 Procent zu, so hätte man

bei 1800 Metern in $8^1/_8$ Min. $139 \,.\, 1{,}1 = 153$ Pfkr.
" " " " 9 " $125 \,.\, 1{,}1 = 137{,}5$ "
also hat die Maschine mehr geleistet 15,5 Pfkr.

Der während der Versuche beobachtete Brennmaterialverbrauch ist kaum werth zu erwähnen, weil es unmöglich war, zwischen dem Aufwande während des Stationirens und demjenigen während des wirklichen Dienstes zu unterscheiden. Am ersten Tage, wo die Maschine 3 Stunden, und am zweiten, wo sie $3^1/_2$ Stunden unter Dampf gehalten wurde, betrug der Aufwand an sämmtlichem Brennmaterial 265 und 296 Kilogr. und von der angegebenen Zeit wurden etwa 97 bis 98 Minuten zur Zurücklegung von 24 Kilometern Weg hin und her aufgewendet. Diese Maschine hat gegen 160 Kilometer Weg beim Transport von Ballast und andern Materialien auf der Versuchslinie und mit Lasten von 16 bis 20 Tonnen ohne irgend einen Zufall oder Anstoß zurückgelegt.

Die Locomotive Nr. 2, welche zum Güterdienst auf der Mont-Cenisbahn bestimmt ist, ist theilweise von Stahl gebaut. Das Nettogewicht beträgt 13 Tonnen, das größte Gewicht bei voller Ladung mit Cokes und Wasser 17 Tonnen oder im Mittel 16 Tonnen, und dieses wird sich nach Verstärkung einiger Theile auf 17,3 im Maximum, oder auf 16,4 Tonnen im Mittel erhöhen. Die für die horizontalen Räder erforderliche besondere Maschinerie wiegt nur 2,68 Tonnen. Der Kessel ist 2,55 Meter lang, 0,065 Meter weit und enthält 158 Rauchröhren von 38 Mill. äußerem Durchmesser. Feuerbox und Röhren haben 55,94 Quadratmeter Heizfläche, der Rost aber 0,929 Qu.-Meter. An dieser Locomotive sind blos zwei Cylinder mit 38,1 Cent. Durchmesser und 40,7 Cent. Hub vorhanden, welche sowohl die vier gekuppelten horizontalen, als die vier 0,686 Meter hohen gekuppelten verticalen Räder treiben. Der Radstand ist bei den verticalen Rädern 2,08, bei den horizontalen 0,71 Meter. Der höchste Druck im Kessel beträgt 8,2, der effective Druck auf den Kolben 5,12 Atmosphären.

Diese Maschine besitzt nicht nur eine größere Verdampfungsfähigkeit, sondern geht auch ruhiger als die Locomotive Nr. 1, ihre Maschinerie läßt sich besser übersehen und der Druck auf die horizontalen Räder kann vom Führer beliebig von seinem Standpunkte aus regulirt werden. Diese Pressung wird durch eine Zugstange übertragen, welche mittelst rechts- und linksgängigen Schraubengewindes auf einen Balancier zu beiden Seiten der Mittelschiene wirkt, der die auf die horizontalen Räder drückenden Spiralfedern mehr oder weniger anspannt. Während der Versuche betrug der Druck auf jedes horizontale Rad $2^1/_2$, also zusammen 10 Tonnen, doch läßt sich auf jedes Rad ein Druck von 6 Tonnen, also überhaupt auf alle vier horizontalen Räder ein Totaldruck von 24 Tonnen ausüben. Die verticalen Räder werden indirect durch die vordere, die horizontalen Räder direct durch die hinten durch den Boden der Cylinder gehende Kolbenstange bewegt. Die Transmission an die horizontalen Räder schien gut zu sein, da aber unglücklicherweise einige der vor den Cylindern liegenden und zu den verticalen Rädern gehörigen Maschinentheile zu schwach waren, so mußte zu Vermeidung etwaiger Beschädigungen eine stärkere Belastung der Maschine während meines dortigen Aufenthaltes und, bis nicht die bereits bestellten stärkeren Theile aus England angekommen sein würden, vermieden werden. Ich war jedoch im Stande, diese Maschine auf der Versuchsbahn mit der vorher benutzten Last von 16 Tons in 3 Waggons in $6^1/_4$ Minuten auf 1800 Meter Länge aufwärts fahren zu lassen, was $17^1/_3$ Kilometer Geschwindigkeit (anstatt 12 Kilometer pro Stunde, wie geplant war) giebt. Der Druck im Kessel fiel von 7,65 auf 7 Atmosphären und der Wasserstand im Kessel um 7,6 Centimeter, da die Speisung erst gegen Ende des Versuches angedreht war. Maschine Nr. 2, deren Reibungswiderstand 54,5 Kilogramme weniger beträgt, als derjenige von Nr. 1, wenn nur 10 Tonnen Druck auf den horizontalen Rädern ruhen, übte in diesem Falle ohne Berücksichtigung des Extrawiderstandes in Curven 177 Pferdekräfte aus, oder wenn man für den Curvenwiderstand 10 Procent zuschlägt, 195 Pferde-, d. h. mehr als 12 Pferdekräfte pro Tonne des Gewichtes und ziemlich 60 Pferdekräfte mehr, als erforderlich sein würden, um ebenso schwere Züge mit der programmmäßigen Geschwindigkeit von 12 Kilometern pro Stunde auf dieser Bahn aufwärts zu ziehen.

Rechnet man 0,37 Quadratmeter Heizfläche pro Pferdekraft, so könnte diese Maschine 150 Pferdekräfte leisten, d. h. 45 Pferdekräfte weniger, als sie auf der allerdings kurzen Versuchsstrecke geleistet hat, aber wesentlich mehr, als sie nach dem Programm zu leisten haben wird. In der That würde ein leichter Zug, blos mit Briefschaften und 50 Passagieren, von einer Locomotive gezogen, die Fahrt von St. Michel nach Susa recht gut in 4, statt in $4^1/_2$ Stunden zurückzulegen im Stande sein.

Ich beobachtete am folgenden Tage, daß $2^1/_3$ Atmosphären Dampfdruck im Kessel oder $^1/_3$ des gewöhnlichen Druckes hinreichend waren, wenn die Locomotive allein eine Steigung von $1:12^1/_2$ zu ersteigen hatte, und da die Reibung

der Wagen oder Waggons verhältnißmäßig geringer, als diejenige der Maschine ist, so müßte diese Locomotive um so mehr im Stande sein, einen Zug von dem dreifachen ihrer eigenen Schwere, also von 48 Tonnen Gewicht, bei der höchsten Spannung eine solche Rampe hinaufzuziehen.

Der einzige bis jetzt gebaute Personenwagen ist 1,93 Met. breit, 3,65 Met. lang und 1,825 Met. hoch; er besitzt einen Gang in der Mitte und zu beiden Seiten 6 Sitze, worauf sich die Passagiere vis à vis setzen. Die Räder sind 0,685 Met. hoch und sollen an allen Wagen und Waggons lose auf der Axe reiten. Jedes Fahrzeug wird einen gewöhnlichen Brems erhalten und ein größerer Theil derselben einen auf die Mittelschiene wirkenden Brems.

Der Verkehr zwischen St. Michel und Susa scheint nach den Einnahmen der Victor-Emanuel-Eisenbahn im Durchschnitt aus den letzten Jahren jährlich um 10 Procent mindestens gestiegen zu sein. Nimmt man an, daß er sich nach Eröffnung der Eisenbahn nur in diesem Verhältniß weiter steigert, so würde die ganze Einnahme in den 7 Jahren von 1867 bis 1873 gegen 27 Millionen Francs betragen und man kann rechnen, daß eine solche Einnahme einen reinen Ueberschuß von mehreren Millionen, nach Abzug aller Ausgaben und Zinsen und Rückzahlung des gesammten Actiencapitales von 80000000 Francs, geben würde. Der Werth der Bahn und Fahrzeuge würde außerdem noch bei den Activen anzusetzen sein. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß die Steigerung des Personenverkehrs eine viel größere sein wird, da nach Eröffnung der Eisenbahn eine große Zeitersparniß und größere Bequemlichkeit für die Reisenden gewonnen werden wird; ebenso steht zu erwarten, daß sich der Güterverkehr steigern und der Verkehr mit billigeren Gütern und Mineralien hierherziehen wird, welche jetzt noch gar nicht über das Gebirge gehen; endlich können die Unternehmer mit Grund hoffen, daß sie die indische Post übertragen erhalten werden, da durch die Mont-Cenisbahn eine Abkürzung der Route zwischen England und Egypten um 38 Stunden herbeigeführt werden wird.

Zur Beförderung von 132 Passagieren und 88 Tonnen Gütern sollen täglich 3 Züge in jeder Richtung abgehen, nämlich ein Zug mit 40 Passagieren sammt Gepäck, welcher excl. Maschine, 16 Tonnen wiegen und mit 18 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde die 77 Kilometer lange Strecke von St. Michel nach Susa zurücklegen soll, zweitens ein Zug mit 26 Passagieren und 20 Tonnen Gütern, 40 Tonnen schwer mit einer mittleren Geschwindigkeit von 12 bis 14 Kilometern pro Stunde, und drittens ein 24 Tonnen Güter tragender, 48 Tonnen schwerer Zug mit 10 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde. Der erste Zug soll von einer, die beiden andern Züge von je 2 Maschinen gezogen werden.

Die Längen der Route über den Mont Cenis von Paris nach Turin und Genua gestalten sich im Vergleich zur Route über Marseille, wie folgt:

	über Marseille	über den Mont Cenis
Macon nach Genua	900 Kilom.	525 Kilom.
Macon nach Turin	1058 „	363 „

was einer Ersparniß an Weglänge von 375 und 695 Kilometern entspricht. Die Zeit, welche bei Benutzung dieser Linie auf der Reise von England nach Egypten erspart werden wird, ergiebt sich aus nachstehender Zusammenstellung:

Marseiller Route.

Paris nach Marseille, 864 Kilom., 54 pro Stunde	16 Stunden.
Marseille — Alexandria, 1460 Seemeilen, 10 pro Stunde und 6 Stunden Aufenthalt in Malta	152 „
Summe	168 Stunden.

Route über den Mont Cenis und Brindisi.

Paris — Macon, 451 Kilom., 54 pro Stunde	$8^1/_4$ Stunde.
Macon — St. Michel, 237 Kilom., 40 pro Stunde	6 „
St. Michel — Susa, 77 Kilom., 18 pro Stunde	$4^1/_2$ „
Susa — Brindisi, 1159 Kilom., 40 pro Stde.	29 „
Brindisi — Alexandria, 822 Seemeilen, 10 pro Stunde	$82^1/_4$ „
Summe	130 Stunden.

Hiernach gewährt letztere Route eine Zeitersparniß von 38 Stunden, was von Bedeutung für den Verkehr zwischen England und Indien und für die Beförderung der indischen Post ist, obschon zu erwähnen ist, daß zu St. Michel und Susa der Wagenwechsel nicht zu umgehen wäre.

Das Ergebniß des Versuches ist von großer Wichtigkeit für künftige Eisenbahnbauten in Gebirgen, wie nachstehende Betrachtungen darthun. Wo immer Eisenbahnen über Gebirge zu traciren sind, da entsteht die Frage, ob es vortheilhafter sei, über den Kamm zu gehen, oder mehr oder weniger bedeutende Tunnel zu treiben. Erwägt man genau die Baukosten und die Betriebskosten für einen zu erwartenden Verkehr, so muß bestimmt werden, welche Höhe in jedem Falle zu ersteigen, und welche Tunnellänge aufzufahren ist, und hierbei ist die wichtigste Frage für die Veranschlagung die, bis zu welchen Steigungsverhältnissen der Locomotivbetrieb sicher und vortheilhaft anwendbar bleibt. Herr **Fell** hat nun dargethan, daß Steigungen von 1:12 bis 1:15 bei Locomotiven mit horizontalen, auf einer Mittelschiene laufenden Treibrädern an Stelle der jetzt angewendeten Steigungen von 1:30 bis 1:25 treten können, und daß dann auch schärfere Curven mit Sicherheit zulässig

sind; er hat also bewiesen, daß eine Eisenbahn über den Gipfel gelegt werden kann, welche nur halb so lang wird, als nach dem jetzigen System und nur $^2/_3$ soviel kostet; denn wenn auch die definitive Bahn theurer sein und vielleicht 3000 statt 1800 bis 2000 Pfd. Sterl. pro Meile kosten würde, so würden durch Anwendung von steileren Steigungen und schärferen Curven an kritischen Stellen Einschnitte und Auftragungen vermieden und überhaupt Ersparnisse an den Baukosten gemacht werden können. Ebenso würde, wenn man bedenkt, daß dieselbe Höhe zu ersteigen ist, auch der Betriebs- und Unterhaltungsaufwand billiger ausfallen, denn es wäre nur eine halb so lange Strecke in Stand zu halten und es würde auch nur eine halb so große Geschwindigkeit erforderlich sein, um in gleicher Zeit den Gipfel zu erreichen, auch könnten dieselben Bruttolasten bei dieser auf die Hälfte reducirten Geschwindigkeit mit derselben Kraft hinaufgebracht werden, während durch die in Folge einer Gewichtsvermehrung um $^1/_6$ bewirkte Verdoppelung der Adhäsion eine bedeutende Ersparniß am todten Gewichte der Züge erzielt werden würde. Die Zugkosten, welche bei der Bewegung eines gegebenen Bruttogewichtes auf eine gegebene Höhe ziemlich gleich ausfallen müssen, würden sich nicht so stark erhöhen, weil eben an todtem Gewicht gewonnen werden würde, und andere Ausgaben würden zum Theil im Verhältniß zu der verminderten Geschwindigkeit niedriger ausfallen.

Eine Bahn über den Rücken kann daher mit geringern Schwierigkeiten, in kürzerer Zeit und mit größerem Nutzen gebaut werden, als zeither und es wird, wenn man den Mont Cenis als Beispiel wählt, interessant sein, die Kosten der jetzt in Bau begriffenen Tunnellinie durch den Berg mit den Kosten einer über den Berg zu legenden definitiven Bahn zu vergleichen. Die Vergleichung soll nicht mit Rücksicht auf diesen speciellen Fall angestellt werden, weil es jetzt ziemlich feststeht, daß die Tunnellinie in einer bestimmten Reihe von Jahren fertig werden wird, und weil die von Brassey & Comp. projectirte Eisenbahn blos als interimistische Verbindungslinie anzusehen ist, welche nur bis zur Vollendung der permanenten Linie zwischen St. Michel und Susa benutzt werden soll.

Nach dem Anschlage des Civilingenieurs Brunlees werden sich die Kosten der interimistischen Bahn auf 8 Millionen Francs oder ca. 104000 Francs pro Kilometer belaufen, während die Tunnellinie incl. 6 Procent Zinsen während der Bauzeit 135 Millionen Francs oder 1990000 Francs pro Kilometer kosten dürfte, da sie 68 Kilometer lang wird und eine größte Steigung von 1:28, eine mittlere Steigung von 1:46 und eine Steigung von $1:35^1/_2$ bis in die Hälfte des großen Tunnels erhält, die Eisenbahn über den Gipfel aber 77 Kilometer Länge, eine größte Steigung von 1:12 und eine totale Erhebung von 754 Metern erhält. Die Fahrzeit für die Strecke St. Michel — Susa würde incl. Anhalten auf der Tunnellinie 3, und auf der Bahn über den Gipfel $4^1/_2$ Stunden betragen. Die Kosten für eine definitive Gebirgsbahn mit weiterer Spur und günstigeren Curven können zu 310000 Francs pro Kilometer, oder ungefähr dreimal so hoch als bei der provisorischen Bahn abgeschätzt werden und die Betriebskosten wegen der zu überwindenden größeren Höhe von 754 Metern würden, bei einem 10mal so großen Verkehre als dem jetzigen, nach den mittleren Zugkosten der Semmering- und Giovibahn (0,25 Franc pro Pferdekraft und Stunde) zu 220000 Francs pro Kilometer anzusetzen sein, wenn man sie zu 6% capitalisirt. Diese beiden Summen geben zusammen 530000 Francs oder etwas mehr als $^1/_4$ von der für die Tunnellinie berechneten Summe.

Diese Kostensätze würden natürlich von den localen Verhältnissen sehr wesentlich abhängig sein, aber wir können keinen besseren Beleg für die Vortheile geben, welche in Fällen, wo stationäre Maschinen und Seilebenen nicht möglich sind, das System mit steileren Steigungen, als man jetzt für möglich gehalten hat, und mit Anwendung der Fell'schen Locomotiven verspricht.

Als Hauptergebnisse seiner Beobachtungen und Versuche berichtet Capitän Tyler schließlich, daß nach seiner Ueberzeugung diese Methode der Ueberwindung des Mont Cenis sowohl in mechanischer, als commercieller Beziehung ausführbar sei, und daß der Uebergang über das Gebirge so nicht nur mit größerer Geschwindigkeit, Zuverlässigkeit und Bequemlichkeit, sondern auch mit größerer Sicherheit als zeither bewirkt werden könne. Wenige dürften für den ersten Augenblick Versuchen auf so steilen Steigungen und in so scharfen Curven an einem Gebirgsabhange ohne das Gefühl beizuwohnen im Stande sein, daß dieselben außerordentlich gefährlich seien, und daß der Bruch einer Kuppelung oder eines Tyres, oder das Entgleisen eines Wagens auf einer solchen Bahn besondere Unfälle herbeiführen müsse. Aber es liegt in dem angewendeten System der Locomotiven wieder eine Garantie, welche kein anderes Eisenbahnsystem bietet, denn die Mittelschiene dient nicht blos dazu, die Ersteigung steiler Rampen und die Hinaufschaffung der Züge zu erleichtern, sondern sie bietet zugleich die Gelegenheit, beliebig starke Bremsvorrichtungen zur Verminderung der Geschwindigkeit und zum Anhalten losgerissener Wagen beim Hinabrollen anzubringen, und sie dient weiter in Folge der an den verschiedenen Fahrzeugen anzubringenden horizontalen Leiträder als eine vollkommene Sicherheitsvorrichtung gegen das Ausgleisen von Maschine, Wagen oder Waggons, welches durch Mängel an den Laufschienen oder Brüche an den Wägen herbeigeführt werden könnte. Natürlich müssen an solchen Stellen, wo die Steigung mehr als

1:25 beträgt, besondere Sicherstellungen angebracht werden und deshalb wird man hier überall Mittelschienen legen.

Die Befestigung einer solchen mittleren Schiene und ihre Herstellung in der Art, daß sie ein continuirliches Gestänge bildet und jede Möglichkeit des Lockerwerdens und Nachgebens ausgeschlossen ist, bietet keine Schwierigkeiten und es entsteht blos die Frage, ob es nicht zweckmäßig sein würde, ihre Anwendung noch weiter auszudehnen, als auf Steigungen von mehr als 1:25; es würde dies ohne Zweifel vortheilhaft sein, nicht blos um eine höhere Adhäsionswirkung bei vermindertem Gewicht und daher billigere Zugkosten zu erhalten, sondern auch im Hinblick auf die größere Sicherheit, besonders in den Curven der Bahn.

Nachdem Capitain Tyler mit Herrn Fell die verschiedenen Berechnungen und Erörterungen, welche diesem Unternehmen vorausgegangen sind, durchgegangen hat, hat er sich überzeugt, daß Letzterer sie während seiner dreijährigen Studien mit größter Sorgfalt und Vorsicht zusammengestellt hat, und zweifelt nicht einen Augenblick, daß Herr Fell die Bahn glücklich zu Ende führen wird, wenn er dazu, wie in einigen Wochen zu hoffen steht, die erforderliche Genehmigung der französischen Regierung erhält. Man glaubt, daß der Mont Cenis im Laufe des Sommers 1866 um die Zeit des Stromes der zum Herbst nach Italien Reisenden von St. Michel nach Susa per Eisenbahn in $4^1/_2$ Stunden überschritten werden werde, eine Reise, welche jetzt in der mühseligsten Weise zu Wagen oder zu Schlitten, je nach der Witterung, kaum in der doppelten Zeit zurückgelegt wird.

Stehender Dampfkessel für landwirthschaftliche Maschinen.

(Hierzu Fig. 1 bis 3 auf Tafel 26.)

Auf der letzten landwirthschaftlichen Ausstellung in Dresden sah man Seiten der Freiherrlich von Burgk'schen König Friedrich August-Hütte zu Burgk bei Dresden einen stehenden Dampfkessel ausgestellt und in Thätigkeit, dessen Einrichtung sehr zweckmäßig erscheint, und dessen Beschreibung wir daher mit Bezugnahme auf die beiliegende Abbildung in Fig. 1 bis 3 auf Tafel 26 nach den uns gütigst mitgetheilten Notizen der genannten Fabrik im Nachstehenden folgen lassen.

Fig. 1 giebt einen verticalen Durchschnitt nach der Linie 1—2 durch die Mitte des Kessels und des Rostes; Fig. 2 einen verticalen Durchschnitt rechtwinklig zu dem ersteren sammt einer äußeren Ansicht und Fig. 3 einen horizontalen Durchschnitt nach der Linie 3—4.

Wie aus diesen Figuren hervorgeht, besteht der Kessel aus einem, oben geschlossenen und mit Mannshut B versehenen, stehenden Cylinder AA, in dessen untere Oeffnung eine Art Feuerbüchse C, C eingesetzt ist. Die letztere wird durch einen bis unter die Bodenfläche des Kessels hinabreichenden Scheider D, welcher auf jeder Seite mittelst zweier elliptischer Oeffnungen a, a mit dem äußeren Wasserraume communicirt, in zwei Kammern getheilt und ist derartig über den Feuerraum E gestülpt, daß die auf dem Roste F sich entwickelnden Gase in der einen Kammer aufsteigen, dann oben über den Scheider hinweggehen und endlich in der Richtung der Pfeile nach der zweiten Kammer und den Zügen abziehen. Als Rost ist hier ein für Braunkohlenfeuerung eingerichteter Treppenrost F angegeben. Was die Einmauerung dieses Kessels anlangt, so ist der äußere Kessel mit einem ringförmigen, etwas conisch zulaufenden Zuge G, G_1 umgeben, welcher durch gemauerte Scheider b, b_1 in vier, allmälig an Weite abnehmende, verticale Züge abgetheilt wird. Die aus der hinteren Kammer der Feuerbüchse tretenden Gase steigen in der ersten Kammer G auf, gehen dann durch die Oeffnung bei c (Fig. 1) nach dem zweiten Zuge, in diesem nach unten und unter dem zweiten Scheider b_1 hinweg nach dem dritten Zuge G_1, in diesem wieder aufwärts und über das obere Ende des Scheiders b_2 hinweg nach dem vierten Zuge, an welchen sich der Essencanal H anschließt (Fig. 3).

Der ziemlich bedeutende Dampfraum am oberen Ende des Kessels ist zur Verhütung der Abkühlung noch großentheils von Mauerung umhüllt und die Grube, über welcher der ganze Kessel aufgestellt ist, dient zum Auffangen der Asche aus den Zügen und von der Feuerung, sowie zur Reinigung des Rostes u. dergl.

Stehende Dampfkessel verdienen in vielen Fällen vor den liegenden Kesseln den Vorzug, weil sie leichter unterzubringen sind und kein besonderes Kesselgebäude verlangen. Dies sind wichtige Vorzüge für die Landwirthschaft und den kleineren Gewerbsbetrieb, sie erleichtern auch die Anwendung der Damfmaschinen für den Bergbau, indem sich

stehende Kessel in den unterirdischen Räumen mit weit weniger Schwierigkeiten aufstellen lassen, als liegende.

Ein anderer und sehr wichtiger Vorzug der beschriebenen Kesselconstruction besteht in der verhältnißmäßig großen directen Heizfläche, die sich bei liegenden Kesseln nie in dem Maaße erzielen läßt. Wenn nun aber die hinteren (dem Schornstein näherliegenden) Theile der Cylinderkessel nach den Beobachtungen der zuverlässigsten Experimentatoren nur noch eine sehr niedrige Verdampfungsfähigkeit zu besitzen scheinen, so ist es einleuchtend, daß mit den beschriebenen stehenden Kesseln ein weit günstigerer Heizeffect zu erzielen ist.

Dabei gewähren sie drittens den Vorzug, daß sich weder Ruß an sie ansetzen, was bekanntlich die Leistung außerordentlich herabzieht, noch Flugasche ablagern kann, da dieselbe sofort in den unteren Canal fällt. Uebrigens sind auch, wie aus der Zeichnung hervorgeht, sämmtliche Canäle sehr leicht zu reinigen.

Noch wichtiger ist der Umstand, daß derartige Kessel bei gleichem Gewicht eine viel größere Heizfläche als die gewöhnlichen Dampfkessel bieten, also auch in der Anschaffung billiger zu stehen kommen.

Als Uebelstände kann man dagegen bezeichnen, daß sie nur einen geringen Dampfraum besitzen, weshalb man bei der Anlage der Feuerung auf eine möglichst gleichförmige Dampfentwickelung Rücksicht nehmen, also z. B. Treppen- oder Etagenroste anwenden muß.

Ein anderer Uebelstand ist der, daß sie sich nicht so bequem reinigen lassen, als liegende Kessel, und daß man also bei solchen Speisewassern, welche Kesselstein absetzen, dem Festwerden desselben durch öfteres Abblasen vorbeugen muß. Zu diesem Behufe sind am tiefsten Punkte an drei verschiedenen Stellen des Umfanges Abblashähne angebracht.

Der hier abgebildete Kessel hat bei einem Gewichte von 45 Ctrn. eine Heizfläche von 130 Quadratfuß und entwickelt die Dämpfe für eine $8\frac{1}{2}$ pferdige Dampfmaschine. Der Kohlenverbrauch beträgt pro Stunde 84 Pfund Mittelkohle. Die Dampfentwickelung geht so rasch vor sich, daß nach einer Viertelstunde schon Dampf von 1 Atmosphäre Spannung vorhanden ist. Die Kesselblechstärken und die Sicherheitsvorrichtungen dieses Kessels entsprechen den gesetzlichen Vorschriften, der innere Mantel jedoch ist etwas stärker im Blech, weil er fortwährend der directen Einwirkung der Flamme ausgesetzt ist.

Daß diese Kessel sich praktisch vollkommen bewährt haben, ist dadurch bewiesen, daß sie schon mehrfach bestellt worden sind und eine namhafte Kohlenersparniß gegenüber den liegenden Dampfkesseln ergeben haben.

Ueber die Abnutzung der Dampfkessel.

Von

Friedrich Arthur Paget, Civil-Ingenieur in London.

(Vortrag, gehalten in der Society of Arts am 26. April 1865.)

Hierzu Fig. 4 bis 8 auf Taf. 26.

Nach dem Berichte des Ingenieurs der Manchesterer Kesselversicherungs-Gesellschaft sind im J. 1864 43 Kesselexplosionen, bei denen 74 Menschenleben verloren gingen, vorgefallen. Der Ingenieur der Mitlander Kesselversicherungsgesellschaft giebt 48 Explosionen, 75 Todesfälle und 120 Verletzungen an. Diese Angaben sind eingestandenermaaßen unvollständig, da aus augenfälligen Gründen die Zahl zu gering angegeben wird. Die Königlichen Commissare für die Erzgruben berichten, daß in den Districten Cornwall und Devon sehr häufig Kesselexplosionen stattfinden und bei der geringen Bevölkerung dieser Districte leicht der öffentlichen Beachtung entgehen; ebenso giebt es manche Explosionen, welche deshalb weiter nicht beachtet werden, weil sie nur Verletzungen, keine Tödtungen herbeiführen, also keine Corener-Untersuchung hervorrufen. Daher bleiben die angeführten Ziffern hinter der Schädigung und Zerstörung von Menschenleben zurück, welche durch Dampfkesselexplosionen bewirkt werden, und über die Verluste an Eigenthum lassen sich nur vage Schätzungen anstellen. Jede Explosion bestätigt die Vermuthung, daß noch andere Kessel aus bloßem Zufall nicht zum Explodiren kommen, und die Ueberzeugung, daß bei mehrerer Sorgfalt und Kenntniß manche derartige Zerstörung hätte vermieden werden können. Aber abgesehen von den durch eigentliche Explosionen her-

beigeführten Unfällen ruft eine übertriebene Anspannung und Abnutzung der Dampfkessel den Stillstand der Maschinerie und Fabrik, oder das Außergangkommen eines Dampfschiffes herbei.

Was die Ursachen der Dampfkesselexplosionen anlangt, so sind nach den Worten des verstorbenen Robert Stephenson*) „wenige Fälle anzuführen, bei denen nicht zu große Schwäche an gewissen Theilen nachweisbar gewesen wäre" und dieselbe Ansicht scheint auch Professor Faraday**) zu theilen. Man kann wohl sagen, daß allgemein die Ursache mehr in der Mangelhaftigkeit der Kessel, als in der zu hohen Dampfspannung gesucht wird, und in der That ist die Zahl der mechanischen, chemischen und physikalisch-chemischen Kräfte, welche auf Abnutzung und schlüßliche Zerstörung der Dampfkessel hinwirken, außerordentlich groß und es dürfte keine andere Eisenconstruction gleich complicirten Einwirkungen zu widerstehen haben. Die Spannung des Dampfes und die Hitze des Feuers üben eine mechanische Dehnung aus, während gleichzeitig sowohl das glühende Brennmaterial, als das kochende Wasser chemisch auf die Bleche reagiren und zwar je nach ihrer veränderlichen chemischen Zusammensetzung. Diese beiden Agentien arbeiten sich sozusagen einander in die Hände, indem der eine die Fortschritte des andern unterstützt. Es ist schwierig, zwischen diesen Einwirkungen streng zu unterscheiden, und nur um eine leichtere Uebersichtlichkeit zu bekommen, wollen wir gesondert betrachten:

1. die Wirkungen der Spannung der Dämpfe,
2. die mechanischen Wirkungen der Hitze,
3. die chemischen Wirkungen des Brennmateriales,
4. die chemischen Wirkungen des Speisewassers.

Directe Wirkungen des Dampfdruckes.

Wenn man die Widerstandsfähigkeit eines cylindrischen Kessels berechnet, so denkt man sich die Bleche unter einer statischen Last und einem Zuge ausgesetzt. Erstere Voraussetzung ist selten, letztere nie wirklich vorhanden, es giebt nämlich zwei Hauptursachen, welche stoßweise Spannungen im Kesselblech erzeugen. Diese sind 1. die plötzliche Unterbrechung des Dampfes bei seinem Wege nach dem Cylinder und 2. schnelles Feuer bei zu geringem Dampfraume; beide mögen mitunter gleichzeitig vorhanden sein. Der ersteren Ursache ist z. B. vor einigen Jahren durch die Regierungs-Inspectoren die Explosion des einen Kessels des Dampfers Parana zu Southampton zugeschrieben worden***), der zweiten die Explosion des kupfernen Kessels der Jacht Comte d'Eu in Frankreich. Nach Dr. Joule ist selbst der ruhende Druck einer elastischen Flüssigkeit Folge des Stoßes ihrer unzähligen Atome auf die Seiten des Gefäßes. Wenn die Bewegung eines Dampfstromes plötzlich gehemmt wird, wie durch die Schieberbewegung beim Abflusse des Dampfes nach dem Cylinder, so bewirkt die Geschwindigkeit und das Gewicht desselben eine Reaction auf die Wände des Kessels, welche der Wirkung des fast unelastischen Wasserstromes im hydraulischen Widder ähnlich ist.*) Diese Wirkung ist natürlich bei Maschinen, in welche der Dampf plötzlich einströmt, wie bei den Cornischen und andern einfach wirkenden Maschinen mit Ventilen, welche plötzlich einen weiten Dampfweg öffnen und schließen, besonders fühlbar und erzeugt gewisse Phänomene, welche von Josiah Parkes und Andern schon längst beobachtet worden sind**), z. B. Springen der Cylinderdeckel, plötzliches Schwanken der Manometer (gauges) u. s. w. Als der Schreiber dieses vor einigen Jahren auf dem nur wenig Dampfraum enthaltenden Kessel einer einfachwirkenden Dampfmaschine stand, fühlte er denselben bei jeder Pulsation des Dampfkolbens leicht athmen, und dieselbe Beobachtung ist auch an andern Kesseln gemacht worden, deren Dampfraum nicht in genügendem Verhältniß zu ihrer Heizfläche stand. Die Intensität der so entstehenden momentanen Stöße ist, wie Parkes bemerkt, schwer anzugeben, aber ihre unaufhörliche Wiederholung muß den Kessel an den schwachen Stellen schnell angreifen. Denselben Effect würde natürlich auch das mehr oder weniger plötzliche Schließen des Sicherheitsventiles hervorrufen, wenn der Kessel abbläst, und diese Ansicht bestätigt sich dadurch, daß die große Mehrzahl der Locomotivkessel, bei denen während des Ganges keine so plötzliche Dampfentnahme stattfindet, als bei den Cornischen Kesseln, explodirt, während sie auf den Stationen im Feuer steht.***) Es soll übrigens nicht geleugnet werden, daß bei den Locomotivkesseln auch die besondere Anhäufung von Dampf in Folge des Niederschraubens der Sicherheitsventile mit in's Spiel kommt, es kann aber nicht bezweifelt werden, daß die meisten Kessel früher oder später und mehr oder minder häufig einer stoßweißen Anspannung ausgesetzt sind. Schon aus diesem Grunde würde bei der Bestimmung der Blechstärken eine sechsfache Sicherheit zu geben sein, denn die Commission über die Verwendung von Eisen zu Eisenbahnbauten sagt in ihrem dritten Resumé über eine

*) Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 1856, p. 281.

**) e. l. 1852, p. 392.

***) Rudimentary Treatise on Marine Engines etc. By Robert Murray, C. E., p. 74—78.

*) Instituto di Scienze. Milano, 1829.

**) Transactions of the Inst. of Civ. Eng., Vol. 3.

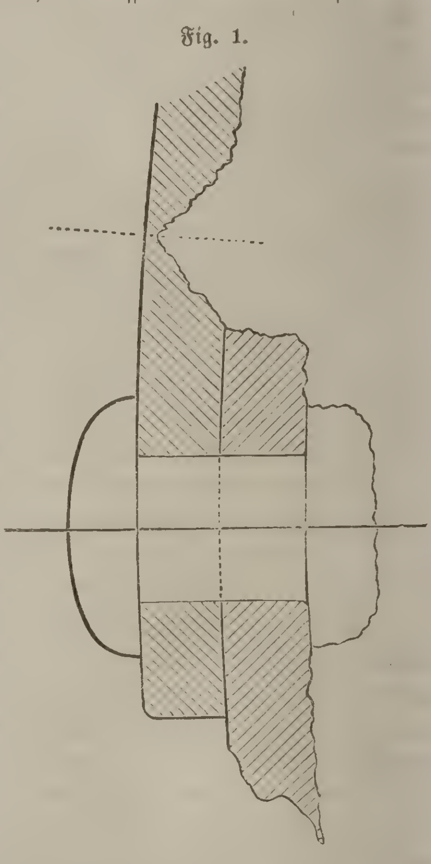
***) Reports of the Inspecting Officers of the Board of Trade, 1850—1860. Die vier im vorigen Jahre explodirten Locomotivkessel befanden sich auch im Stillstande. Weder der erste, die Explosion erzeugende Riß, noch der zweite dadurch entstandene Riß ging durch die Nietlöcher.

Masse von Sachverständigen-Aussagen, welche diesen Erörterungen eine ungewöhnliche Bedeutung für alle Festigkeitsfragen ertheilt, daß das Eisen, um wiederholten Biegungen widerstehen zu können, nicht stärkeren Biegungen als bis zu $^1/_3$ der äußersten Biegung ausgesetzt werden dürfe, und daß es, da die durch ein gewisses Gewicht hervorgerufene Biegung durch Stöße vermehrt werde, räthlich sei, bei Eisenbahnbauten $^1/_6$ derjenigen Last, welche auf dem Balken ruhend den Bruch herbeiführen würde, nicht zu überschreiten.*)

Emerson hat schon vor mehr als 60 Jahren gezeigt, daß die Spannung, welche ein innerlich vollkommen cylindrisches und dem Drucke einer Flüssigkeit von Innen ausgesetztes Rohr in zwei Hälften zu sprengen vermag, dem Durchmesser und dem Drucke proportional sei, und daß dieselbe gleich sei dem Drucke auf eine normal gegen die Richtung des Druckes gelegte Ebene. Da bei Kesseln die Metallstärke im Verhältniß zum Radius klein ist, so hat man angenommen, daß die Umfangsspannung gleichförmig vertheilt sei, und da die Spannung pro Längeneinheit in dem kreisförmigen Querdurchschnitt nur halb so groß als in dem Längenschnitte ist, so hat man die Letztere bei der Berechnung der Stärke zu Grunde gelegt. Hierbei hat man aber angenommen, daß der Querschnitt ein vollkommener Kreis sei, was nur bei einem auf der Drehbank gebohrten Cylinder, nie aber bei einem Dampfkessel stimmen wird. Es sind auch zwei von Emerson's Folgerungen aus dem ersten Satze vernachlässigt worden. Er zeigt nämlich, daß, wenn der eine Durchmesser größer ist, als der andere, dann in der Richtung normal zum größeren Durchmesser der Druck größer ausfalle, indem der größere Druck einen richtigen Kreis herzustellen strebe. Zweitens folgert er, daß ein Gefäß, in welches eine elastische comprimirte Flüssigkeit eingeschlossen ist, die Kugelgestalt annehmen würde, wenn es sich nach allen Seiten ausdehnen könnte. Diese beiden Actionen liegen, wie sich beweisen läßt, den durch die directe Wirkung der Dämpfe hervorgerufenen Beschädigungen der Kessel zu Grunde.

In Großbritannien haben von 1850 bis 1864 vierzig Locomotivexplosionen stattgefunden, welche Menschenleben forderten, und es bilden die Berichte des Board of Trade, welche in den Blue Books des Parlaments niedergelegt sind, und namentlich die Berichte des Capitains Tyler, R. E., muthmaaßlich die werthvollste und zusammenhängendste Reihe von Nachrichten über Kesselexplosionen, welche es giebt. Dies wird namentlich der Fall sein in Bezug auf die Folgen der directen Wirkungen des Dampfes (ungefälscht durch die Wirkungen des Feuers), da die äußere Feuerbox und der Kessel einer Locomotive nicht vom Feuer getroffen werden. Mag auch das in Folge des Laufens auf der Eisenbahn stattfindende Zittern des Kessels diese Wirkung verstärken, so kann doch offenbar diese Vibration nicht die Hauptursache sein. Die Mehrzahl obiger Berichte ist mit vortrefflichen Zeichnungen versehen. Achtzehn von den explodirten Kesseln gaben an der Feuerbox nach, und zwar elf durch Niederbiegen der Decke der innern Feuerbox auf die Röhrenwand, sieben durch Reißen des Hemdes. Zwanzig rissen im Körper und zwei Explosionen sind gemischten Ursachen zuzuschreiben, indem eine defect gewesene Platte und Ausgleisen nachgewiesen wurde. Vernachlässigt man alle die Explosionen, welche an der Feuerbox passirten, da der größere Theil derselben anderen Ursachen, als dem directen Drucke zugeschrieben werden kann, so können die 20 Explosionen des Cylinderkessels entweder auf innere Furchen oder Risse, in beiden Fällen parallel zu einem der Längennähte des einen der Schüsse, welche den Kessel bilden, zurückgeführt werden. Alle Nähte, welche sich trennten, waren übergreifende (lap-joints) und die Furchen oder Risse, wovon erstere weit häufiger sind, kommen an der Ecke der einen Ueberdeckung, also gerade an dem Punkte vor, wo die durch das Ueberdecken entstehende Verminderung des Durchmessers am meisten durch den Dampfdruck betroffen werden würde. (S. beistehenden Holzschnitt und Fig. 4 auf Taf. 26.)*)

Fig. 1.



Das Blech zeigt in den Furchen deutliche Spuren von Streckung durch die Querbiegung (lamination through the

*) Report of the Commissioners appointed to inquire into the Application of Iron to Railway Structures. XVIII.

*) Nachdem die Tafel bereits lithographirt war, erhielten wir durch die Güte des Herrn Verfassers Clichés der Holzstiche, welche die Originalabhandlung begleiten, und verfehlen daher nicht, diese hier beizufügen. D. Red.

Obige Figur giebt einen Querschnitt in natürlicher Größe durch eine Längennaht mit Furche an dem Feuerboxringe eines Kessels, welcher am 30. Mai 1864 auf der Station Overton explodirte. Die Furche unterscheidet sich nicht von anderen.

cross-bending) und es ist zu vermuthen, daß gute Bleche sich allmälig strecken werden, während geringeres Blech in viel kürzerer Zeit brechen wird. Diese Furchen werden übrigens nicht blos an einfachen Nietnähten gefunden, auch stumpf zusammengestoßene und innerlich durch einen übergelegten Blechstreifen überdeckte Wechsel sind von ähnlichen Furchen begleitet gefunden worden.

Genau dieselben Erscheinungen hat man auch in Deutschland an Locomotiven beobachtet*), deren Kessel nach der gewöhnlichen einfachen Nietung gefertigt waren, ebenso an Schiffskesseln und an vielen alten Kesseln, und diese Längenfurchen sind natürlich zweimal so gefährlich, als solche, welche der Quere nach auftreten.

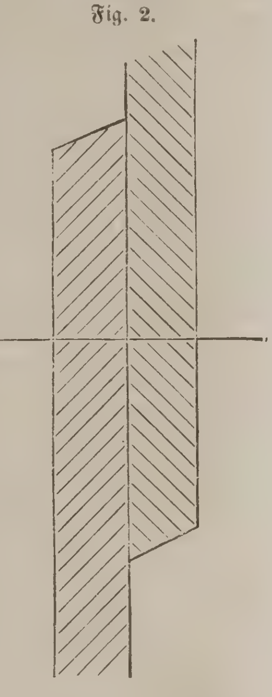
Die Rauchbüchsen-Röhrenplatte der Insidecylinder-Locomotiven scheinen in Folge der stoßenden Bewegung der Maschinen ähnlichen Wirkungen unterworfen zu sein, indem sie Furchen rings um die Cylinderflanschen zeigen. Eine ähnliche Beobachtung wird nicht selten in Lancashire an den Endplatten von Fairbairn'schen Kesseln mit zwei Rauchrohren gemacht, wenn diese zu steif mit dem Kessel verbunden sind. Es werden nämlich an der Basis der Winkeleisenringe, welche die innern Rauchrohre mit den Kesselböden verbinden, kreisförmige Furchen beobachtet, welche Folge der gehemmten Bewegung der Endbleche sind. Die Furchenbildung ist aber bei keiner Art von Kesseln öfter zu beobachten, als bei den Locomotivenkesseln und dies erklärt sich durch den höheren Druck, durch den stärkeren Vorsprung, welchen die starken Bleche geben und besonders dadurch, daß der nicht versteifte Cylinderkessel nicht gründlich untersucht werden kann, ohne die Rohre herauszuziehen, weshalb sich die Furche unmerklich verbreitern kann.

Die innern Fasern eines kalt gebogenen Bleches befinden sich natürlich Anfangs im Zustande der Zusammendrückung; tritt nun der Druck von Innen ein, welcher einen vollkommenen Cylinder herzustellen strebt, so wird das Blech hin- und hergebogen und zwar durch seine Elasticität nach der einen, durch den Druck nach der andern Seite. Ist das Eisen kurz (brittle), so kann es brechen, ist es sehnig, so verlieren die äußeren Fasern nach und nach ihre Elasticität und reißen, unterstützt durch andere Ursachen, allmälig, eine Erscheinung, welche sich immer mehr steigert und zuletzt sehr rasch fortschreitet, wenn einmal ein wunder Fleck entstanden ist. Selbst unter dem Zuge der Zerreißungs- oder Probirmaschine zeigen einfach genietete Bleche ein ähnliches Verhalten; z. B. eine halbzöllige Vernietung (a halfinch lap), welche solid nach Bertram's Verfahren ausgeführt ist, hat blos halb soviel Festigkeit als das Blech, während ein $^3/_8$zölliger geschweißter Verband (lap-weld) zwei Drittel soviel Festigkeit zeigt.

*) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. 1864. S. 159.

Die Anstalt von Jean Piedboeuf & Comp. zu Aachen, Düsseldorf und Lüttich, welche jährlich gegen Tausend Dampfkessel liefert, benutzt eine Vernietung, welche muthmaaßlich etwas günstigere Resultate bezüglich der Furchenbildung liefert, indem sie leichter zu dichten ist und deshalb dabei weniger leicht Schaden leidet. (Holzschnitt 2 und Fig. 5 auf Tafel 26.)*)

Fig. 2.



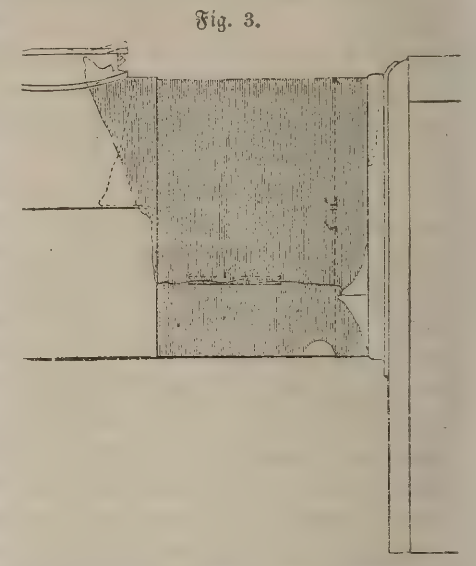
Wir haben indessen noch einen andern wichtigen Umstand bezüglich dieser Furchen zu erwähnen. Ein cylindrisches eisernes Gefäß würde natürlich unter innerem Drucke viel eher platzen, als daß es eine sphärische Form annähme, weil die Grenze der Ausdehnung und Ductilität nicht so weit reichen würde. Man kann sagen, daß es drei verschiedene Dehnungen in ebensoviel Richtungen auszuhalten hat; es giebt nämlich einen Zug, welcher auf die Enden wirkt und den Kessel in einer Richtung parallel zur Axe in zwei Hälften zu zerreißen strebt, zweitens giebt es einen Zug, welcher mit der Spannung bei einem Kreisringe zu vergleichen ist, aber bei einem gewöhnlichen Kessel auf Querbiegung wirkt, und drittens entsteht eine Dehnung, welche dem Kessel eine sphärische oder faßförmige Gestalt zu geben und ihn in der Hälfte der Länge auszubauchen (to bulge it out) strebt. Welche Inanspruchnahme ein Körper unter gleichzeitiger Einwirkung so verschiedener Kräfte erfährt, läßt sich zur Zeit mit Genauigkeit durchaus noch nicht angeben; möglicherweise befindet er sich dabei in ähnlichen Verhältnissen, wie ein ausgedehnter Kautschukring, wenn man ihn mit dem Messer durchschneidet, oder wie eine belastete Säule, wenn man sie mit dem Hammer zerschlägt, oder wie eine gespannte Röhre, wenn sie durch einen scharfen Schlag springt. In der That scheint die Operation des Nachstemmens an einem Dämpfe entwickelnden Kessel oft hinreichend zu sein, um eine sofortige Explosion herbeizuführen; der neue Kessel, welcher auf den Atlas-Werken zu Manchester im J. 1858 wegen eines defecten Bleches explodirte, und derjenige, welcher vergangenen Januar zu Peterborough in Folge eines Risses neben einer Längsnaht platzte, explodirten beide während des Verstemmens. Dies erklärt wieder, wie es kommt, daß mitunter nebeneinander-

*) Es sind hier die Ränder der Bleche mittelst schiefer Scheeren unter einem Winkel von 65° beschnitten.

liegende Kessel einer nach dem andern explodiren, und deutet auf die Gefahr hin, welche einem gesunden Kessel durch solche Explosionen erwachsen kann. Aus demselben Grunde ist auch zu befürchten, daß die modernen Kanonen, welche aus gedehnten Ringen construirt sind, leicht durch den Schuß kampfunfähig gemacht werden werden. Aller Wahrscheinlichkeit nach vermindert eine Zahl von gleichzeitigen, nach verschiedenen Richtungen wirkenden Spannungen die Elasticität des Materiales, wenn dieselbe auch sonst genügte, um in einer Richtung zu widerstehen. Sei dem übrigens, wie ihm wolle, so ist doch einleuchtend, daß nur der Druck auf die Böden des Kessels, welcher parallel zur Axe gerichtet ist und den Kessel der Quere nach zu zerreißen strebt, von dem zwischen den Nietlöchern stehen gebliebenen Metall richtig aufgenommen wird; die Spannung im Umfange äußert sich, wenn der Kessel nicht vollkommen cylindrisch ist, als eine Querbiegung, bei welcher nicht mehr das nach dem Durchstoßen der Nietlöcher stehen gebliebene Metall, sondern das Metall bei der Ueberdeckung in Anspruch genommen wird, und was die Tendenz zur faßförmigen Auftreibung der Cylinder in der Mitte betrifft, so würde jeder Längsstreifen des Cylindermantels als ein auf die ganze Länge gleichförmig belasteter Balken anzusehen und, da an der Stelle der übergreifenden Blechränder eine doppelte Metallstärke vorhanden ist, diese Stelle als die festeste und den meisten Widerstand, sowohl gegen die Tendenz zur Auftreibung des Kessels, als gegen das Zerreißen in zwei Hälften, bietende zu bezeichnen sein. Hierdurch wird gewissermaaßen die Meinung der alten Kesselschmiede, daß die Nietstöße die festesten Stellen des Kessels seien, gerechtfertigt. Die Erfahrung zeigt, daß die dünnste Stelle der Längsfurchen gewöhnlich in der Mitte der Blechtafeln zu finden ist, und dies ist die Folge der Längsspannung, welche in normaler Richtung zu der die Querbiegung verursachenden Spannung thätig ist. Ein Blechstreifen, welcher von Naht zu Naht geschnitten ist, befindet sich unter denselben Verhältnissen, wie ein an beiden Enden aufliegender gleichförmig belasteter Balken, und bricht daher in der Mitte. (Holzschnitt 3 und Fig. 6 auf Tafel 26.)*)

Der mittlere Schuß des Kessels, welcher vergangenes Jahr auf der Metropolitan-Eisenbahn explodirte und dessen Fragmente Schreiber dieses untersuchte, gab ebenfalls zuerst in einer Furche nach. Capitain Tyler berichtet, daß auf $16^3/_4$ bis 19 Zoll von der Quernaht oder gerade gegen die Mitte der Blechtafel „sehr wenig Metall stehen geblieben" war, während das Blech vom Mittel aus gegen die Querfugen an beiden Seiten hin allmälig immer dicker wurde und bis zur ursprünglichen Stärke von $^3/_8$" anwuchs.

Fig. 3.



Man kann unmöglich die große Zahl von Pressungen übersehen, welche auf die Wände eines dem Drucke einer Flüssigkeit ausgesetzten Gefäßes ausgeübt werden und eine Aufbauchungstendenz (wenn man solch ein Wort bilden darf) hervorrufen. Beispiele dieser Tendenz sieht man an der von Hrn. Fairbairn mitgetheilten Skizze der Bleirohre*), welche einem inneren Drucke ausgesetzt wurden, und an den Wänden der Feuerbox, welche unter gleichem Drucke sich in der Mitte der Flächen aufblähte.**) Unbegreiflicherweise ist der Einfluß solcher Spannungen auf die Festigkeit und besonders auf die Elasticität des Materiales zeither von den Beobachtern ganz übersehen worden; es finden sich wenigstens keine öffentlichen Mittheilungen darüber. Dem Effect des inneren Druckes leistet in den Nähten eine doppelte Blechstärke Widerstand, sodaß die Mitte der Ringe die schwächste Stelle sein wird. Einer von den Ringen des im Mai d. J. auf der Metropolitan-Eisenbahn explodirten Kessels einer Maschine der Great-Northern-Eisenbahn hatte der Quere nach von Naht zu Naht eine Länge von ca. 36 Zollen bei 45 Zoll innerem Durchmesser. Denken wir uns nun einen 1" breiten Streifen aus der 36" langen Tafel parallel zur Längenaxe des Kessels ausgeschnitten und setzen wir eine Dampfspannung von 100 Pfd. pro Quadratzoll voraus, so erhalten wir eine gleichförmige Belastung mit 3600 Pfd., welche einer Belastung in der Mitte mit 1800 Pfd. entspricht. Wäre das Blech ein richtiger Cylinder, so würde ein 1" breiter Streifen des $^3/_8$ Zoll starken Bleches im Umfange einer Spannung von 6000 Pfd. pro Quadratzoll zu widerstehen haben, während jeder 1" breite und $^3/_8$" dicke Theil dieses Ringes (wenn man die Verminderung der Endflächen durch die Rauchröhren vernachlässigt) in der Richtung parallel zur Axe des Kessels einem Zuge von circa 1125 Pfund ausgesetzt ist.

*) Diese Abbildung ist aus Capitain Tyler's Bericht vom 30. Juni 1864 über die Explosion auf der Station Overton in der London-Northwestern-Bahn entlehnt. Die ausgerissene Blechtafel ist schattirt, der Verlauf des Risses auf der andern Seite punktirt und die gebildete Furche durch die starke horizontale Linie angedeutet.

*) Philosophical Transactions, 1858, p. 402.

**) Useful Information for Engineers, 1856. Appendix XVIII.

Es würde nicht praktisch sein, eine Formel aufzustellen, welche die verdrehenden Einwirkungen der übergreifenden Ränder oder der Schweißung stumpf zusammengestoßener Ränder berücksichtigte, doch ist es einleuchtend, daß die gewöhnliche Berechnung der Stärke cylindrischer Kessel nach der Festigkeit, welche vernietete Bleche bei directer Belastung mit Gewichten oder hydraulischem Drucke zeigen, keineswegs richtig sein kann; sie kann nur leidlich passen für schräg geschnittene und geschweißte, oder für stumpf zusammengestoßene und mittelst außen aufgelegter Streifen zusammengeschweißte Bleche (scarf welded joints, or with butt joints with outside welts). Auch dann wird an Stelle der in wirklichen Cylindern stattfindenden Ringspannung eine Tendenz zur seitlichen Biegung vorhanden sein, wenn der Kessel inwendig nicht vollkommen rund ist. Die gewöhnliche Formel würde praktisch brauchbar sein, wenn der Kessel sich unter den bisweilen vom Dampfe gegebenen Stößen und bei den in Folge der Steigerung der Spannung eintretenden Auftreibungen nicht zu ändern vermöchte. Ein Kessel bedarf in der That wie ein Träger nicht blos einer hohen Festigkeit, sondern auch einer höheren Steifheit, welche ihn gegen abwechselnde Aufblähungen und Zusammenziehungen schützt.

Abgesehen von der Metallstärke sollte ein vollkommener Cylinder einem äußeren Drucke denselben Widerstand entgegensetzen, als einem inneren; ja eigentlich sollte derselbe größer sein, da die meisten Metalle dem Zerdrücken einen größeren Widerstand entgegensetzen, als dem Zerreißen. Es ist dies aber nicht der Fall, da ein Feuerrohr in Folge der Deformirung geschwächt und der Druck auf die Oberfläche größer wird, während bei einem von Innen gedrückten Cylinder das Gegentheil stattfindet.

Ehe Fairbairn auf die den Feuerrohren anhaftende Schwäche aufmerksam machte, schrieb man das häufige Zerdrücktwerden derselben der Verdampfung im sphäroidalen Zustande und andern Ursachen zu. Gegenwärtig sind diese Rohre nach dem Urtheil des Ingenieurs der Manchesterer Kesselgesellschaft in Folge der jetzt allgemein angewendeten T Eisenringe und Winkeleisenbänder, sowie der schon 1852 von Adamson angewendeten ausgezeichneten Nähte*) fester, als die Kessel selbst. Während T Eisen und andere Versteifungen für die nicht dem Feuer ausgesetzten Theile der Kessel anwendbar sind (wie in Frankreich**) und von dem Eisenbahn-Inspector des Board of Trade empfohlen wird), würden Adamson's Nähte verkehrt muthmaaßlich ausgezeichnete Quernähte für einen von außen gefeuerten Kessel abgeben, sodaß dünne und schmale Tafeln gebraucht werden könnten, welche eine festere und dichtere Nietnaht geben würden. Bei einer derartigen Construction würde wenig oder keine Durchbiegung oder Auftreibung vorkommen und die Querschnittsfläche der Bleche und Ringe würde in Wirklichkeit die Festigkeit des Kessels geben.

*) Specification, Nr. 14259.

**) Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse 1861, p. 532.

2. Die mechanischen Wirkungen der Hitze.

Während gegen die mechanischen Wirkungen der Dampfspannung bei einem Dampfkessel eine möglichst hohe Steifheit erforderlich ist, ist wegen der mechanischen Kraft der Hitze eine möglichst hohe Biegsamkeit von nicht geringerer Bedeutung. Ein großer Vorzug gewisser Formen von Verstärkungsringen für innere Feuerzüge ist z. B. der, daß sie die Anwendung dünnerer Bleche gestatten, zugleich aber eine Construction von großer Nachgiebigkeit für die thermalen Einflüsse geben. Die Längsdehnung solcher Feuerrohre wird durch ein leichtes Federn oder Nachgeben (a slight spring or swagging) in jeder Nietnaht gehoben und die Bodenbleche des Kessels werden durch die vereinigte Wirkung des inneren Druckes und der Dehnung durch die Wärme nicht übermäßig angestrengt. Darin, daß die Bleche unegal gedehnt werden, besteht nämlich die eine Einwirkung, welche mangelhafte Circulation oder ein plötzlicher Strom von kalter Luft oder kaltem Wasser auf die Construction ausüben, und ob es gleich wahrscheinlich ist, daß die derartigen Einwirkungen zugeschriebenen Erscheinungen zum Theil von andern Ursachen herrühren, so beweist dies doch, daß es nöthig ist, die Temperatur der Bleche so niedrig als möglich zu erhalten. Gegen derartige Wirkungen liegt ein Schutz darin, daß sich die Hitze nur allmälig verbreitet, indem sie einer Blechtafel nach der andern mitgetheilt wird. Man ist unter den Ingenieurs allgemein der Ansicht, daß der Druck der Dämpfe die Kessel mehr anstrenge, als kalter hydraulischer Druck, ohne daß man angeben könnte, in welchem Verhältniß diese Anstrengungen zu einander stehen. Um dies erörtern zu können, müßte man genau die Temperatur einer Blechtafel kennen, welche Wärme an das Wasser überträgt, und diese Temperatur ist noch niemals mit einiger Zuverlässigkeit untersucht worden. Wie Péclet, der diesen Erscheinungen eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet hat, bemerkt, sind auch die verschiedenen hierauf influirenden Umstände sehr complicirter Natur. Natürlich müssen die Bleche stets eine höhere Temperatur besitzen als das Wasser, denn die Wärme pflanzt sich durch das Blech nur in Folge der verschiedenen Temperaturen auf beiden Seiten desselben fort. Péclet*) stellt die Vermuthung auf, daß durch eine dickere Blechtafel wegen der größeren Temperaturdifferenz auf den beiden Seiten ebensoviel Wärme hindurchgehen werde, als durch eine dünnere, obwohl die Wärmeleitung

*) Traité de la Chaleur. Vol. 2, p. 393.

im umgekehrten Verhältniß zur Dicke der Bleche steht (während sie der Fläche und der Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und Außenseite direct proportional ist). Dabei scheint er das wichtige Gesetz von Forbes übersehen zu haben, wonach die Leitungsfähigkeit des Schmiedeeisens bei höheren Temperaturen rasch abnimmt; bei 200° C. beträgt sie z. B. nur halb so viel als bei 0°*), und bei noch höheren Temperaturen würde sich wahrscheinlich finden, daß sie noch geringer wäre, wenn es ein geeignetes Instrument zum Ablesen höherer Temperaturen gäbe. Manche Versuche Péclet's dürften auch dadurch unrichtig geworden sein, daß nach Joule's Entdeckung die Temperatur des Wassers durch mechanische Bewegung desselben erhöht wird. Nun ist es gewiß, daß Wasser eine metallische Platte blos so lange netzen kann, als die Temperatur geringer ist als 171° C., sobald es aber zurückgetrieben wird, so wird die vom Metall ausgestrahlte Wärme von der Oberfläche des Wassers reflectirt, das Metall wird immer heißer und verliert gleichzeitig an Leitungsfähigkeit, die Außenfläche, welche dem Feuer ausgesetzt ist, oxydirt sich mehr oder weniger, was einen ähnlichen Effect hat, und etwas Aehnliches geht auch auf der Innenseite vor, indem sich auf der rauh gewordenen Fläche schnell kalkige Incrustationen bilden, welche nur $^1/_{16}$ soviel Leitungsfähigkeit besitzen, als das Eisen;**) alle diese Erscheinungen aber, welche sich allmälig immer deutlicher zeigen, tragen immer mehr dazu bei, die Temperatur der Blechtafeln zu steigern und zwar sogar bis zur Rothglühhitze. Daraus erklärt es sich, wie es möglich ist, daß Nietköpfe in der Nähe der Feuerung von dem Strome der daran hinstreichenden heißen Gase bald weggefressen werden, daß dickere Feuerbüchsen leichter zerstört werden, als dünne, und daß der Zerstörungsproceß mitunter bei einer gewissen Blechstärke aufhört, daß innere Rauchcanäle von dickem Blech so viel Störungen verursachen, daß die von außen geheizten Kessel am rascheſten an den Stellen, wo drei Bleche aufeinander liegen, angegriffen werden u. s. w. Ein anderer Beweis dafür, daß dünne Bleche mehr Hitze abgeben als dicke, wurde durch Versuche geliefert, welche neuerdings in Preußen mit zwei vollkommen gleichen Cylinderkesseln mit halbkugelförmigen Böden, wovon der eine aus $^1/_4$ Zoll starkem Stahlblech, der andere aus $^1/_2$ Zoll starkem Eisenblech gefertigt war, angestellt wurden. Die Dampferzeugungsfähigkeit des stählernen Kessels verhielt sich zu derjenigen des eisernen wie 127,49 : 100, was nur in der verschiedenen Stärke der Bleche liegen kann.***) Dabei sind starke Bleche auch noch mehr zum Schiefern (blisters) geneigt und jede solche Blase muß die Leitungsfähigkeit der betreffenden Stelle wesentlich vermindern.

Während es nachgewiesen ist, daß die Kesselbleche mitunter sehr hohe Temperaturen bis zur Rothglühhitze annehmen, sind die Gelehrten noch nicht darüber einig, welche Verminderung der Festigkeit durch die Wärme herbeigeführt wird, und der Verminderung der Elasticität ist kaum noch Erwähnung geschehen. Die Versuche über die Festigkeit des Eisens bei hohen Temperaturen, welche von Baudrimont*), Seguin und dem Franklin-Institut angestellt worden sind, dürften kaum Beachtung verdienen, da sie in zu kleinem Maaßstabe und ohne Rücksicht auf die momentanen und permanenten Verlängerungen, d. h. ohne Berücksichtigung der Elasticitäts- und Ductilitätsäußerungen angestellt worden sind. Fairbairn**) hat bis zu 400° F. keine Beeinträchtigung der Festigkeit von Blechen beobachtet, bei einer schwachen Rothgluthhitze sank die Festigkeit auf 16,978 Tons (von 21 Tons bei 60° F.), bei dunkler Rothgluth auf 13,621 Tons. Tréméry & P. Saint Brice***) fanden in Gemeinschaft mit dem berühmten Cagniard Latour, daß bei demselben Grade der Glühhitze (rouge sombre) die Festigkeit eines Eisenstabes nur $^1/_6$ der ursprünglichen Festigkeit betrug, was eine weit größere Abnahme wäre, als bei den Fairbairn'schen Versuchen. Von anderen Ursachen abgesehen kann dies wohl dadurch erklärt werden, daß das glühend werdende Eisen an einem trüben Tage eine etwas andere Farbe zeigt, als bei hellem Wetter; überhaupt ist der Mangel an einem Thermometer für hohe Wärmegrade eine Haupterschwerung für derartige Untersuchungen. Uebrigens dürfte die Tréméry'sche Angabe wohl besser mit den Beobachtungen der Praxis harmoniren, denn sie erklärt das Zusammenbrechen der Feuerrohre, welches gewöhnlich plötzlich eintritt, sobald sie roth werden, obschon diese Rohre auf 6fache Sicherheit berechnet sind.

Eine sehr wichtige Frage bezüglich des Einflusses der Temperatur ist die, welche Wirkung sie auf die Elasticität ausübt, ob Eisen bei hohen Temperaturen rascher eine permanente Veränderung erfährt oder nicht. Dies ist in Wirklichkeit wichtiger, als die Frage über die Festigkeit, und hier begegnen wir wieder einer Lücke in unsern Kenntnissen, welche kaum durch die neuerlichen Versuche Wertheim's†) an schwachen Drähten ausgefüllt werden dürfte. Dieser fand indessen, daß die Elasticität dünner Stahl- und Eisendrähte von 15° bis 100° C. zunimmt, bei 200° aber nicht

*) Royal Society of Edinburgh, 28. April 1862. „Experimental Inquiry into the Laws of Conduction of Heat in Bars and into the Conducting Power of Wrought Iron."

**) Péclet, Traité de la Chaleur. Vol. I, p. 391.

***) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen, 1862, S. 140.

*) Annales de Chimie et de Physique. 3. sér. 30, p. 304. 1850.

**) On the Tensile Strength of Wrought Iron at various Temperatures. Reports British Association, 1856, p. 405.

***) Annales des Mines. 2. sér. Vol. III, p. 513.

†) Comptes Rendus, XIX, 231.

nur geringer als bei 100°, sondern sogar bisweilen geringer als bei der gewöhnlichen Temperatur ist.

Noch ein anderer wichtiger Punkt hat bis jetzt die verdiente Aufmerksamkeit noch nicht gefunden, es ist dies der Umstand, daß nach manchen Erscheinungen eine Art thermale Elasticitätsgrenze beim Schmiedeeisen zu existiren scheint. Wenn es erhitzt wird und seine Volumenzunahme nicht diejenige überschreitet, welche ungefähr dem Siedepunkte entspricht, so kehrt es zu seinen ursprünglichen Dimensionen zurück. Wird es aber über eine gewisse Temperatur hinaus erhitzt, so zieht es sich nicht wieder ganz bis auf das ursprüngliche Volumen zusammen, sondern zeigt eine permanente Dehnung, augenscheinlich in Folge einer Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze. Mehrere Beobachter*) haben dies vom Gußeisen constatirt und, obwohl das Schmiedeeisen in dieser Richtung nicht besonders geprüft worden ist, so läßt sich nicht bezweifeln, daß es sich ähnlich verhalten werde. So beobachtete der österreichische Ingenieur Kohn**) vor mehreren Jahren, daß ein 12 Meter langer, 1,57 Meter weiter Dampfkessel aus 11 Millimeter starken Blechen sich bei der einer Dampfspannung von 5 Atmosphären entsprechenden Wärme stets um 0,07193 ausdehnte und beim Erkalten nicht wieder auf die ursprüngliche Größe zurückging. Gleiches ist nach sorgfältigen Messungen auch von andern Kesseln constatirt worden. Eine Reihe von Versuchen, welche Oberstlieutenant H. Clark***) in Woolwich mit schmiedeeisernen Cylindern und Blechen angestellt hat, lassen deutlich erkennen, daß das Schmiedeeisen sich unter dem Einfluß wiederholten Glühens und Ablöschens ausdehnt; bei dem Versuche Nr. 7 z. B. wurden zwei flache Stücken Schmiedeeisen, jedes 12'' lang, 6'' hoch und $^{1}/_{2}$'' dick zwanzig Mal glühend gemacht und durch Eintauchen bis zur Hälfte (resp. zu $^{2}/_{3}$) in Wasser abgelöscht und dabei gefunden, daß das bis zur Hälfte eingetauchte Stück an den Enden sich um gut 0,3 Zoll zusammengezogen hatte, während das andere, auf $^{2}/_{3}$ eingetauchte Stück nur eine halb so starke Zusammenziehung zeigte. Sie waren Beide bogenförmig geworden, und der convexe Theil schien dem geglühten und abgekühlten Ende anzugehören. Unglücklicherweise sind die specifischen Gewichte der verschiedenen Theile nicht untersucht worden. Wiederholte Versuche dieser Art erzeugten Risse im Metall, was die Entstehung der Risse in den Kesselblechen in Folge unvollkommener Circulation und des Eintrittes von kaltem Speisewasser in der Nähe des Feuers erläutert und darauf hinweist, daß die Gefahr um so größer sein wird, je dicker das Blech und je größer die permanente Volumenausdehnung ist. Kirkaldy giebt an, daß Eisen, wenn es nach starker Erhitzung rasch in Wasser abgekühlt wird, gehärtet, also in der That verschlechtert werde, wenn man es nicht nachher hämmere oder walze. Diese permanente Volumenausdehnung muß natürlich mit einer Verminderung des specifischen Gewichtes verbunden sein, was wieder eine große Analogie zwischen den Erscheinungen beim übermäßigen Ausdehnen des Eisens durch Gewichte und durch Hitze giebt. Schon Lajerhjelm*) hat ebenfalls nachgewiesen, daß das specifische Gewicht des Eisens durch Ausdehnungen, welche die Elasticitätsgrenze überschreiten, vermindert werde, und dies ist durch die zahlreichen Versuche Kirkaldy's vollkommen bestätigt worden. Der Schmied nennt solches Eisen, welches in Folge wiederholter Hitzen oder zu hoher Erhitzung brüchig geworden ist, „verbrannt", und solches Eisen, welches wiederholt über die Elasticitätsgrenze hinaus ausgedehnt worden ist, nennt man gewöhnlich „krystallinisch" geworden; in beiden Fällen hat eine Volumenausdehnung und in Folge derselben Hart- und Brüchigwerden stattgefunden, und dies scheint in beiden Fällen auf ganz ähnliche Ursachen zurückgeführt werden zu können. Bei den Anwendungen der Metalle auf Dampfkessel scheinen manche besonders einer, die Elasticitätsgrenze überschreitenden Ausdehnung ausgesetzt zu sein, indem sowohl die mechanische Kraft, als die Kraft der Ausdehnung und Zusammenziehung, als auch die Wirkung der Volumenausdehnung in Folge der Hitze gleichzeitig thätig sind. Dies ist der Fall mit den Feuerbox-Stehbolzen, welche denn auch rasch brüchig werden, wenn sie von Schmiedeeisen sind, denn dieses ist weit weniger ductil, als Kupfer. Hr. Colburn bestätigt, daß er solche Stehbolzen aus Schmiedeeisen nach einigen Jahren des Gebrauches bisweilen so spröde als Gußeisen gefunden habe. Sie ließen sich von den Seitenwänden alter Feuerbüchsen bisweilen mit einem eben so leisen Schlage abbrechen, als man zum Zerschlagen eines Pfirsichkernes bedarf.**)

3. Chemische Wirkungen des glühenden Brennmateriales.

Welche physikalischen Veränderungen auch durch eine lang andauernde hohe Temperatur, auf welche nicht die Bearbeitung unter dem Hammer oder das Strecken im Walzwerke folgt, im Eisen erzeugt werden mögen, soviel ist gewiß, daß lang anhaltende Rothgluth die Consistenz des Metalles vermindert, indem die Oberfläche auf größere oder geringere Tiefe in Glühspan verwandelt wird, welcher nach Berthier aus einem krystallisirten Gemisch von Eisenoxydul und Eisenoxyd besteht. Die mechanische Einwirkung der Gase, und besonders diejenige des in der Flamme ent-

*) Percy, Metallurgy, Vol. II, p. 872.
**) Technologiste. 1850—51, p. 102.
***) Proceedings of the Royal Society, March 5, 1863.

*) Poggendorf's Annalen, 2. Ser., Vol. II, S. 488.
**) Z. Colburn, Steam Boiler Explosions, 1860, p. 32.

haltenen freien Sauerstoffes, muß, da die Gase durch den Zug mit großer Geschwindigkeit an den mehr oder weniger erhitzten Blechen hingerissen werden, die chemische Wirkung erhöhen, ebenso wie Eisenfeilspäne, welche durch eine Gasflamme hindurchgeworfen werden, in der Luft verbrennen und ebenso wie glühender Kalk in der Hydrooxygengasflamme verbrennt. Diese Wirkungen würden bei jedem Brennmaterial, selbst bei reinem Kohlenstoff stattfinden, wenn aber gewöhnliche, stets etwas Eisenkies haltende Steinkohlen gebrannt werden, so ist für die Bleche, besonders für die über dem Roste, die Gefahr des Rothglühendwerdens noch viel größer, da die Flamme dann schweflige Säure und wohl sogar flüchtigen Schwefel enthält; man erinnere sich nur an das bekannte Factum, daß ein Stück glühendes Eisen mittelst einer Stange Schwefel durchgebohrt werden kann, indem sich Schwefeleisen bildet. Schafhäutl in München hat den Veränderungen, welche Bleche durch die Einwirkung des Feuers erfahren, alle Aufmerksamkeit gewidmet; schon vor 25 Jahren hielt er darüber einen Vortrag im Institut der Civilingenieure und neuerdings hat er darüber eine Abhandlung im Baierischen Kunst- und Gewerbeblatte (Juni 1863) veröffentlicht. Er führt eine Menge Beobachtungen an, welche sich auf die chemische Analyse der Bleche von explodirten Kesseln stützen und darthun, welchen Gefahren die Kesselbleche durch chemische Einwirkung ausgesetzt sind, wenn sie rothglühend werden. Er bemerkt auch, daß dann das Eisen auf der Innenseite Wasser zu zersetzen und mit dem freiwerdenden Sauerstoff Verbindungen einzugehen beginnt, sowie daß es auch den Kohlenstoff verliert, während die Außenseite mit dem freien Sauerstoff und der schwefligen Säure in der Flamme Verbindungen eingeht. Er behauptet, daß Cokeseisen viel rascher angegriffen werde, als Holzkohlenblech, indem es in den ursprünglichen Fugen abblättere, in welchen es im Packet gewalzt werde. Möglicherweise werden Oxydtheilchen in diese Fugen gerissen und überhaupt wird das Eisen am leichtesten an diesen Stellen verletzt, was darauf führt, von welchem großen Werthe wirklich homogene Bleche sind, wie die gußstählernen, bei denen die Homogenität auf dem einzig zuverlässigen Wege des Schmelzens erreicht wird. Die merkliche Verringerung der Elasticität und Zähigkeit, welche durch Berührung von glühendem Eisen mit Schwefel bewirkt wird, die Abwesenheit aller Elasticität und Zähigkeit in den Oxyden des Eisens zeigen, daß Feuerrohre und Kessel, wenn sie auch nicht sogleich zusammengedrückt werden oder explodiren, doch jedesmal leiden, sobald sie zu stark erhitzt werden. Eine mangelhafte Circulation, durch welche eine so große Erhitzung entsteht, daß das Wasser vom Bleche entfernt wird, führt schnell locale Beschädigungen herbei; wie durch Hrn. Fletcher in Manchester constatirt worden ist, sind gewisse Stellen der von außen geheizten Kessel solchen Beschädigungen in scheinbar mysteriöser Weise ausgesetzt. Ein neuer Kessel z. B., in welchem aus Versehen etliche Lumpen liegen geblieben waren, wurde an dieser Stelle in wenig Tagen durchgebrannt,*) ohne Zweifel in Folge der entstandenen mangelhaften Circulation. Auch die Bleche innerer Feuerzüge direct über dem Roste leiden in dieser Weise. Vielleicht würden gedrehte Nähte (turned joints), verbunden durch Bolzen und ein zeitweiliges Umstürzen oder Drehen des Schusses gestattend, in manchen Fällen von Nutzen sein. Im Allgemeinen beweist die Erfahrung, daß die Bleche um so leichter glühend werden, je dicker sie sind, und auch die chemischen Erscheinungen machen möglichst schwache Bleche wünschenswerth, denn die Abnutzung der Tafeln hört oft bei einer gewissen Dicke auf. In Deutschland und Frankreich machen manche der besten Fabrikanten noch die dem Feuer ausgesetzten Bleche, z. B. die Feuerrohre, etwas stärker als den übrigen Kessel, aber die Amerikanische Praxis, wo man die Feuerborbleche nur $^5/_{16}$ oder $^1/_4$ Zoll stark nimmt und mit Stehbolzen in 4 Zoll Abstand versieht, scheint aus obigen Gründen zweckmäßiger und bewährt sich auch, selbst bei 150 Pfd. Druck pro Quadratzoll sehr gut.

4. Die chemischen und physikalisch-chemischen Wirkungen des Speisewassers.

Diejenige Abnutzung der Dampfkessel, welche in dem Angefressensein besteht, ist eine doppelte, nämlich 1. eine innere und 2. eine äußere. Der Fortschritt Beider wird durch die Einflüsse der Temperatur beschleunigt, jede hat aber ihre charakteristischen Verschiedenheiten, nicht blos der Stellung nach, sondern auch in Bezug auf Ursprung und Folgen.

Ein Dampfkessel ist ein Gefäß, in welches unaufhörlich größere Quantitäten von Wasser hineingepumpt werden, während die Hitze nach Austreibung der flüchtigen Stoffe eine concentrirte Lösung zurückläßt, deren chemische Beschaffenheit von den im Speisewasser enthaltenen nicht flüchtigen Stoffen abhängig ist. Die specifische Schwere der im Wasser enthaltenen Substanzen bewirkt natürlich, daß sie zu Boden sinken, wo die Solution im Allgemeinen concentrirter ist, so sehr sie auch durch das Sieden aufgerührt werden mag. J. R. Napier hat z. B. neuerdings beobachtet, daß ein ungefähr 4 Fuß langer, 3 Zoll breiter, $^3/_{16}$ Zoll dicker Zinkblechstreifen, welcher in einen Schiffskessel eingetaucht war, bei 18'' Tiefe eine Anfressung zeigte, welche rasch nach oben abnahm, dagegen im Dampfe gar nicht angegriffen zu werden schien.**) Dies erklärt den Umstand, daß alle Kessel, selbst die mit innerer Feuerung, wie die Locomotivkessel, in den Blechen nach dem Boden hin am

*) Péclet, Traité de la Chaleur. Vol. II, p. 73.

**) Institution of Engineers in Scotland, Session 1864—5.

meisten angegriffen werden, und daß sich die innere Abnutzung stärker unter der Wasserlinie zeigt. Die Sieder der französischen Siederohrkessel sind auch gewöhnlich stärker angegangen, als andere Kesseltheile. Um dieser langsamen Wirkung entgegenzuarbeiten, macht man bei den meisten Schiffskesseln die unteren Bleche dicker, während diese Bleche bei den Locomotivkesseln oft eingewechselt werden müssen. Da alle derartigen chemischen oder physikalisch-chemischen Wirkungen durch die Wärme gesteigert werden, so werden die Kessel mit äußerer Feuerung gewöhnlich zuerst über der Feuerung schlecht. Indessen werden auch die Bleche über dem Wasser mehr oder weniger angegriffen und nicht blos in Form des Rostens, sondern auch durch das sogenannte Löchrigwerden (pitting), welches sich gewöhnlich stärker unter dem Wasserspiegel zeigt.

Das Vorhandensein einer concentrirten saueren oder alkalischen Lösung, welche bei hoher Temperatur Jahre lang mit den Blechwänden in Berührung steht, würde an sich schon hinreichend sein, um eine starke Corrosion zu erklären, aber die innere Corrosion der Dampfkessel zeigt so vielerlei unerklärliche Erscheinungen, daß bis jetzt noch keine Auslegung derselben gegeben worden ist. Erstens zeigen die angegriffenen Tafeln eine Menge unregelmäßiger Löcher, wie die Pockennarben im Gesicht, oder wie die kleinen Krater am Monde (Holzschn. 4 und Fig. 7, Taf. 26);*) Schreiber dieses hat bisweilen auch zwei oder drei kleine unregelmäßige Löcher dieser Art in einem sonst gesunden Bleche beobachtet. Bisweilen ist die Tafel rings um einen hervortretenden Bolzen am meisten tättowirt, in andern Fällen ist ein Blech ganz gesund, während die darangenietete Tafel fast ganz angefressen ist, obschon Beide gleich lange und natürlich unter scheinbar ganz gleichen Verhältnissen gebraucht worden sind. Es ist aber den Locomotivführern allgemein bekannt, daß Kessel mit eisernen Röhren oft schlimmer löchrig sind, als solche mit Messingröhren, und übrigens sind alle eisernen Kessel, mit oder ohne Messingröhren,

Fig. 4.

*) Diese Figur stellt die Innenseite eines alten Kesselbleches in 1/4 der natürlichen Größe vor.

sowohl stationäre, als Locomotiv- oder Schiffskessel diesem Löchrigwerden ausgesetzt.

Eine ziemlich alle Umstände berücksichtigende Erklärung ist die folgende: Herr Mallet zeigte in einem vor mehren Jahren an die British-Association gerichteten Schreiben, daß Schmiedeeisen und Stahl (muthmaaßlich Cement-Stahl) aus zwei oder mehr verschiedenen chemischen Legirungen, die fest zusammenhängen und untereinandergemengt sind, bestehe, von denen die eine zur andern elektronegativ ist. Das aus verschiedenem Eisen zusammengeschweißte gewöhnliche Schmiedeeisen ist in der That durchaus kein elektrohomogener Körper; in einem Kessel ist das mit chemischen Verbindungen mehr oder weniger stark versetzte Wasser die leitende Flüssigkeit und die elektropositiven Theile der Bleche werden daher rasch bis zu einer gewissen Tiefe weggefressen. Diese Erklärung stimmt recht gut mit der Erscheinung des Löchrigwerdens, sie erläutert auch zum großen Theil die Erscheinung, daß Bleche über dem Wasserspiegel an manchen Stellen rasch angegriffen werden, während sie an andern Stellen ganz unversehrt bleiben. Das concentrirte Wasser der Schiffskessel ist meist sauer. „Von allen Salzen im Seewasser," sagt Faraday*), „ist das Chlormagnesium dasjenige, welches die Bleche am stärksten angreift." Er zeigt, daß ein Cubikfuß Seewasser 3,28 Unzen dieses Salzes enthält, und weist zugleich auf die Gefährlichkeit der durch die Berührung von Kupfer und Eisen bei Dampfkesseln entstehenden voltaischen Elektricität hin. In geringerem Grade wird auch der Contact von Gußeisen mit Schmiedeeisen, oder von verschiedenen Sorten von Eisen in derselben Tafel oder bei sich berührenden Tafeln nachtheilig sein. Auch ist es nicht unwahrscheinlich, daß etwas Chlorwasserstoffsäure im Dampfe der Schiffskessel enthalten sei. Herr J. C. Forster**) hat etwas von dem condensirten Dampfe aus dem Sicherheitsventilgehäuse und aus dem Dampfhemde des Lancefield untersucht und darin entschieden Säure nachgewiesen.***) Als hervorrufende Flüssigkeit dient der Dampf und es ist nun erklärlich, wie die Schiffskesselbleche oft in der wunderlichsten Weise angefressen sein können, während der Dampfstrom zugleich eine Art Reibung gegen die Orydhaut ausübt und sie ablöst, um wieder auf eine frische Fläche zu wirken.

Als Prüfstein für die Richtigkeit obiger Erklärung des Löchrigwerdens würde die Constatirung der Abwesenheit

*) Fifth Report of the Committee of the House of Commons, concerning the Holyhead Roads, p. 194.

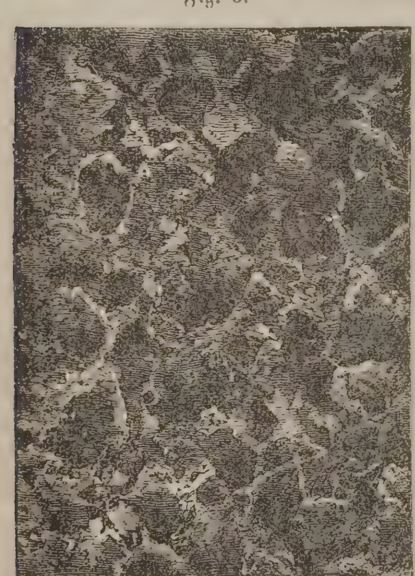
**) Institution of Engineers in Scotland, 1864—5. Adresse des Herrn J. R. Napier.

***) Wenn eine Solution von Chlormagnesium ziemlich zur Trockne eingedampft wird, so zersetzt sich Salz und Wasser und es bildet sich Magnesia und Chlorwasserstoffsäure, nämlich

$$MgCl + HO = MgO + HCl.$$

dieses Phänomens bei Blechen von elektrohomogener Beschaffenheit anzusehen sein. Diese Gleichförmigkeit ist nur bei gegossenen Metallen, z. B. Gußstahl, zu erwarten, und in der That erfuhr der Verfasser durch Herrn Haswell, den Leiter der Locomotivbauanstalt der Staatsbahn in Wien, daß einige im J. 1859 in Betrieb genommene Locomotivkessel aus Gußstahlblech noch kein Zeichen des Löchrigwerdens erkennen ließen, obwohl Eisenbleche sehr darunter litten. Das Löchrigwerden ist also eine durch voltaische Elektricität auf bestimmte Stellen beschränkte Corrosion; es mag ebenfalls durch die Bewegung des Bleches in Folge mechanischer Kräfte und durch die Drehungen und Zusammenziehungen bei den Veränderungen der Temperatur sehr unterstützt werden. Alle Kessel werden am ersten bei der Eintrittsstelle des Speisewassers angegriffen und bei den Kesseln der Insidecylinder-Locomotiven ist das Rauchbüchsenende am schlimmsten, was Folge der stoßenden Bewegung sein mag. Die Corrosion an besonderen Stellen würde muthmaaßlich intensiver auftreten, wenn die Incrustation mechanisch abgeworfen würde; bei einer durch ungewöhnliche Intensität der anreizenden Flüssigkeit gesteigerten voltaischen Action würden die Seiten der Vertiefungen in den Blechen schärfer und weniger abgerundet sein, wie dies bei dem mit den Grubenwassern einer Eisensteinzeche gespeisten Kessel der Fall war, der voriges Jahr zu Aberaman in South-Wales explodirte. *) (Holzschnitt 5 und Fig. 8 auf Tafel 26.)

Fig. 5.



Daß das Löchrigwerden bei Schiffskesseln auch eintritt, wenn sie mit destillirtem Wasser aus Oberflächencondensatoren gespeist werden, entkräftet obige Erklärung nicht. Das auf diese Weise destillirte Wasser soll nämlich nach wiederholtem Sieden am Salinometer noch stärker als Seewasser anzeigen, was beweist, daß es keineswegs rein ist.**) Ferner verlieren diese Kessel in Folge der Abwesenheit von Incrustationen einen Schutz gegen die chemische Wirkung des Wassers. In dieser Weise bewirkt das mechanische Aufbauchen der Bleche, — welches direct und indirect die schon beschriebenen Furchen herbeiführt — durch die fortwährende Abstoßung der Incrustationen und des Oxydes an gewissen Stellen, daß diese Stellen in Bezug auf Corrosion sich ebenso befinden wie Kessel, welche mit kesselsteinfreiem Wasser gespeist werden. Die Corrosion wird an einer Furche in Folge der Vergrößerung und Erneuerung der Fläche lebhafter thätig sein. Die speciell als Löchrigwerden bezeichnete Art von Corrosion ist nur durch eine sehr hohe elektrohomogene Beschaffenheit der Theile zu bekämpfen.

Während die Wirkung der inneren Corrosion, welche die Bleche oft auf größere Flächen hin angreift, in der Regel wohl kaum, jedenfalls nur selten, der Festigkeit Eintrag thut, ist die äußere Corrosion, welche sich auf besondere Stellen bezieht, von einem viel gefährlicheren Charakter. Die eine wirkt allmälig und ist leicht wahrnehmbar, während die andere rapid wirkt und ihre Fortschritte versteckter sind. Abgesehen von solchen Zufällen, welche das Mauerwerk eines stationären Kessels oder die Außenseite der Böden von Schiffskesseln betreffen, kann eine äußere Corrosion nur in Folge von Lecken vorkommen. Entsteht das Lecken durch einen in Folge mechanischer Wirkung gebildeten Riß oder durch ein vom Feuer gebranntes Loch, so sind die Wirkungen des Leckens nur secundärer Natur, indem sie auf eine primäre Ursache zurückzuführen sind, welche an sich schon das Anhalten des Dampfgenerators zur Folge haben kann. Es kann jedoch das Lecken einer Naht schon an sich die Zerstörung eines Kessels herbeiführen und man hat hier einen anderen Beleg, wie die Eigenschaften eines Kessels nicht blos in Bezug auf Festigkeit, sondern auch bezüglich der Abnutzung, eng mit der Form der Nietnähte zusammenhängen. Es ist oft wahrzunehmen, daß sehr gute einfache Nietnähte, selbst wenn sie mittelst der hydraulischen Presse nur bis 50 Procent über die normale Spannung angespannt werden, mehr oder weniger schwitzen; die Tendenz, unter dem inneren Drucke eine vollkommene Kreisform anzunehmen, wirkt indirect auf diese Nähte und bewirkt, daß sie sich trotz des Verstemmens mehr oder weniger öffnen. Robert Galloway, welcher als langjähriger Inspector des Board of Trade muthmaaßlich über 3000 sorgfältige Untersuchungen von Schiffskesseln vorgenommen hat, erklärt, daß er an der Außenseite der Naht oft eine Furche oder Rinne wahrgenommen habe, welche auf eine gewisse Länge mit der äußeren Kante des übergreifenden Bleches parallel gelaufen und ohne Zweifel durch das Lecken ent-

*) Die Zeichnung ist nach einer Photographie von einem Stück Kesselblech gemacht, das dem einen der beiden am 17. Febr. 1864 auf den Aberaman-Eisenwerken zu Aberdare explodirten Kessel entnommen war. Die Corrosion fand innerlich statt und das Blech war stellenweise nur $^1/_8$ Zoll dick.

**) Institution of Mechanical Engineers, 1863. Discussion über den Vortrag des Herrn James Jack: on the effects of surface condensers on steam boilers.

standen sei. Längs dem Wasserspiegel wirkt condensirtes Wasser auf die Nähte ein, während unter demselben die concentrirte Flüssigkeit des Kessels ihre chemische Thätigkeit entwickelt. Ein Leck an einem Schiffskessel frißt oft in Jahresfrist eine Blechtafel weg. Bisweilen zeigt ein Strahl heißes Wasser aus einem Rißchen eine reibende Wirkung, ja es ist selbst an so unangreifbaren und harten Substanzen, wie Glas, ein ähnlicher Effect bemerkt worden, indem ein kleines Rißchen an einem Wasserstandsglase nach einigen Tagen eine merkliche Furche zu erzeugen vermag. Bei schwefelhaltigem Brennmaterial tritt noch eine kräftige chemische Wirkung auf die Bleche hinzu. Ein Volumen Wasser nimmt ungefähr 30 Volumentheile schwefligsaures Gas auf und diese schwefligsauren Dämpfe des Brennmateriales werden, wenn sie mit dem Schwitzwasser aus einem Rißchen zusammenkommen, mehr oder weniger absorbirt; solch' eine saure Lösung muß rasch die Bleche anfressen. Es ist ausgemacht, daß das Schwitzen auf Kessel, welche mit schwefelhaltigen Kohlen geheizt werden, viel rascher einwirkt, als bei Kesseln mit Holzfeuerung. Adolf Hirn hat beobachtet, daß eine ziemlich $^7/_8$ Zoll starke Blechtafel im Laufe der Zeit wie mit einem Bohrer durchbohrt wurde und zwar in Folge eines feinen Wasserstrahles, welcher darauf traf, nachdem er durch einen Strom heißen Kohlengases hindurchgegangen war.*)

Gesetzliche Vorschriften.

Es giebt keinen stärkeren Beweis für den empirischen Zustand unserer Kenntniß von der Behandlung der Dampfkessel, als die Betrachtung ihrer mittleren Dauer. Während manche Schiffskessel nur ungefähr 3 Jahre in brauchbarem Zustande bleiben, giebt es stationäre Kessel, welche bei sorgsamer Behandlung bis zu 30 Jahren benutzt worden sind. Capitän Tyler, R. E., schätzt die mittlere Dauer der Locomotivkessel auf 5 bis 20 Jahre; diejenige eines Schiffskessels kann vielleicht zu 5 bis 7 Jahren, diejenige eines Locomotivkessels zu 8 bis 9, und diejenige eines stationären Kessels zu 18 bis 20 Jahren angesetzt werden — wobei gute Wartung unter normalen Verhältnissen vorausgesetzt wird.

Da die Dampfkessel so vielen zerstörenden Einflüssen ausgesetzt sind, deren genaue Wirkung gegenwärtig kaum hinreichend bekannt sein dürfte, so sollte die Spannung, mit der sie arbeiten, nicht mehr als $^1/_8$ von ihrer Bruchfestigkeit betragen. Wenn aber Kessel, wie es in England zu oft geschieht, nach dem Gewicht gekauft werden, wenn bei ihrer Anfertigung die billigste Arbeit benutzt wird, wenn die Untersuchung der Fortschritte ihrer Abnutzung, welche naturgemäß auch bei guten Kesseln und guter Wartung nicht ausbleiben kann, aus Rücksichten auf den Gewinn verschoben wird, da geräth die Rücksicht für die Ausgabe mit der Rücksicht für das Risico in einen Kampf, in welchem die Sparsamkeit zu oft den Sieg davon trägt. Jedenfalls hat eine Menge beklagenswerther Unglücksfälle in allen Theilen der Welt zu verschiedenen Zeiten darauf hingewiesen, daß nicht jedem beliebigen Manne die Dampfkraft mit Ruhe überlassen werden kann; in der That giebt es wahrscheinlich kein civilisirtes Land, in welchem sich nicht die Gesetzgebung mehr oder weniger mit der Beaufsichtigung der Dampfkessel beschäftigt hat. In den Vereinigten Staaten von Amerika hat die Häufigkeit der Explosionen an manchen Orten eine despotischere Einmischung herbeigeführt, als anderwärts. In der Stadt New-York stehen die Dampfkessel unter der städtischen Polizei und werden periodisch geprüft, wobei jährlich eine gewisse Zahl abgeworfen wird. Durch Beschluß des Congresses*), der für alle Staaten galt, unterliegen die Dampfschiffkessel der Aufsicht der Regierung.

Der 13. Abschnitt dieser Akte zeigt eine scharfsinnige Auffassung der wahren Ursachen der Kesselexplosionen: „welche, wie es heißt, als directe Beweise anzusehen sind" von Nachlässigkeit auf Seiten der Besitzer. Das Gesetz des Staates Louisiana**) ist besonders streng, indem es eine hydraulische Probe dreimal so hoch als die bestimmte Arbeitsspannung vorschreibt. Allerdings ist es ein wesentlicher Unterschied, Gesetze zu erlassen, und sie in der Praxis durchzuführen, und derartige Gesetze können eigentlich nur bei einer wohlorganisirten Polizeibehörde, wie die auf dem Continent, vollzogen werden. In Frankreich sind in den Jahren 1810, 1825, 1828, 1829, 1830, 1843 und zuletzt unter dem 25. Januar 1865 verschiedene Reglements über alle Arten von Dampfkesseln erlassen worden. Damit beginnend, daß alle Kessel, selbst die schmiedeeisernen, einer hydraulischen Probe mit dem Fünffachen der bezweckten Spannung unterworfen werden sollten, ist diese Probespannung bis zum Dreifachen im J. 1843 und bis zum Doppelten nach dem neuesten Gesetze vom heurigen Jahre***) vermindert worden. Das vormalige Gesetz bestimmte die Minimalstärke der Bleche — eine Bestimmung, welche ohne Zweifel für die französische Kesselfabrikation sehr nachtheilig war. Das alte preußische Regulativ vom 6. Mai 1838 stellte ebenfalls die Blechstärken fest, verlangte aber keine Kesselprobe. Nach dem Regulativ vom 31. August 1861 wurde dies vollständig geändert, indem die Construction ganz dem Maschinenbauer überlassen, für die stationären Kessel aber eine dreifache, für die Locomotivkessel eine doppelte hydraulische Probespannung vorgeschrieben wurde. In

*) Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse, 1861, p. 558.

*) Session of Congress, Juli 7, 1838.

**) Baltimore American, 1835.

***) Décret concernant la Fabrication et l'Etablissement des Machines à Vapeur. 25. Janvier, 1865.

gleicher Weise wie beim neuen französischen Gesetze mußte diese Probe nach jeder beträchtlicheren Reparatur wiederholt werden. Am 5. März 1863 reducirte ein ministerielles Rescript die Probebelastung bei allen Locomotivkesseln auf das $1\frac{1}{2}$ Fache des normalen Druckes, und ein anderer Circular-Erlaß vom 1. December 1864 reducirte die Probe aller Arten von Kesseln auf das Doppelte der Normalspannung. Gegenwärtig existirt zwischen dem französischen und preußischen Regulativ ein wesentlicher Unterschied nicht mehr und es steht zu erwarten, daß diejenigen continentalen Staaten, welche wie Rußland, die Schweiz und Spanien, das alte französische Gesetz vom Jahre 1843 mehr oder weniger copirt hatten, auch die neueren Abänderungen adoptiren werden.

Man spricht auch von der Abänderung des gegenwärtigen österreichischen Gesetzes*), welches die Blechdicke vorschreibt, aber nur eine Probe mit der doppelten Spannung verlangt. Eine gleich hohe Probe schreibt das belgische Reglement**) für gewöhnliche Kessel, die $1\frac{1}{2}$ fache für Röhrenkessel vor. Nach Artikel 31 muß diese Probe bei Locomotivkesseln, transportabeln und Schiffskesseln jährlich, und ebenso nach jeder größeren Reparatur wiederholt werden. In Italien scheint es kein allgemeines Dampfkesselgesetz zu geben, aber in den speciellen Gesetzen, welche über die Begründung von Eisenbahngesellschaften erlassen worden sind, hat man ähnliche Vorschriften wie im französischen Regulativ ertheilt, und es sind Regierungscommissare zur Ueberwachung dieser Vorschriften niedergesetzt worden. Ebenso hat jeder der kleineren deutschen Staaten sein, mehr oder weniger dem französischen oder preußischen Gesetze nachgebildetes Regulativ. Mecklenburg-Strelitz***) schreibt vor, daß gewöhnliche Kessel mit der zwei-, Röhrenkessel mit der dreifachen Pressung zu probiren seien, und daß diese Probe alle 4 Jahre und nach jeder Reparatur oder Veränderung zu wiederholen sei; Sachsen†), daß cylindrische Kessel mit der doppelten, Röhrenkessel mit 3 Atmosphären mehr Spannung, als der normalen, zu prüfen seien. Was Bayern††) anlangt, so ist die Probe mit doppeltem Druck bei neuen, mit $1\frac{1}{2}$ fachem Druck bei alten Kesseln vorgeschrieben, während Hannover und Braunschweig†††) ähnliche Bestimmungen besitzen.

Das französische Gesetz und die meisten andern Regulative verlangen zwei Sicherheitsventile und manche von diesen Dampfkessel-Gesetzen sind außerordentlich speciell mit ihren Vorschriften betreffs der Wasserstandsgläser, Manometer und anderer Vorrichtungen. In Großbritannien giebt es bezüglich der Dampfkessel weiter keine expressen legislativen Bestimmungen als die in zwei Clauseln der Merchant Shipping Act*) enthaltenen, wonach erstens an jedem Kessel eines Passagiere aufnehmenden Schiffes ein dem Maschinisten nicht zugängliches Sicherheitsventil angebracht, und zweitens jede Ueberlastung dieses Ventiles mit einer Strafe von nicht mehr als 100 Pfd. Sterl. belegt werden soll, excl. der sonstigen Verbindlichkeiten, welche durch eine solche Handlung erwachsen können. Die Kessel sämmtlicher, Personen befördernden Schiffe werden vor dem Auslaufen einer genauen Untersuchung durch einen Inspector des Board of Trade unterworfen, welcher eine Prüfung der Kessel mit dem doppelten Drucke der normalen Spannung anordnen, und wenn er es nach dem Befund für erforderlich hält, dem Eigenthümer die Wahl stellen kann, entweder mit niedrigerer Spannung zu arbeiten, oder den Kessel zu erneuern. Da der Inspector mit dieser Vollmacht ausgerüstet ist, so ist er auch für solche Explosionen, welche Folge der Abnutzung der Kessel sind, verantwortlich. Wenn eine Explosion auf einem Personenzuge passirt, so prüft einer der Ingenieure des Board of Trade die Bruchstücken und erstattet darüber Bericht an die Regierung, welche denselben dem Eisenbahnamte mittheilt. Diese Berichte werden gedruckt und dem Parlament vorgelegt; hierauf beschränkt sich aber die ganze Einmischung der britischen Regierung. Der Inspector des Board of Trade wird übrigens, wie bei andern Eisenbahnunfällen, bei den gegen die Eisenbahngesellschaften erhobenen Schädenklagen als Zeuge aufgerufen. Alle anderen Dampfkessel in den Vereinigten Königreichen werden ohne irgend welche Einmischung der Regierung oder der Municipalbehörden aufgestellt und betrieben; in den letzten Jahren haben sich jedoch Privatgesellschaften (die erste wurde durch Fairbairn in Manchester begründet) zur Verhütung der Dampfkesselexplosionen gebildet, bei denen gegen einen geringen jährlichen Beitrag oder eine geringe Versicherungsprämie die Kessel der Subscribenten oder Versichernden periodisch inspicirt und, wo nöthig, von geschickten Ingenieurs probirt werden. Es ist kein Zweifel, daß diese Gesellschaften schon vielen Verlusten und Unglücksfällen vorgebeugt haben.

Man kann daher dreierlei Behandlungsarten bei der Ueberwachung der Dampfkessel unterscheiden: 1. die continentale Verfahrungsweise, 2. die freie englische und amerikanische Methode, 3. das Manchester'sche System. Die continentale Methode besteht in einer strengen Prüfung der

*) Reichsgesetzblatt für das Kaiserthum Oesterreich, 1854, S. 229.

**) Ministère des Travaux publics, Machines à Vapeur. Reglement, donné à Laeken le 21. Avril 1864.

***) Großherzogl. Mecklenburg-Strelitzer Officieller Anzeiger, Nr. 11, 1863.

†) Gesetzliche Verordnungen, die Anlegung von Dampfkesseln betr. Dresden 1865.

††) Regierungsblatt für das Königreich Bayern, 22. Febr. 1865.

†††) Gesetzsammlung für das Königreich Hannover, 1863.

*) Merchant Shipping Act, 27th June, 1854, Nos. 289 and 298.

ursprünglichen Anfertigung, bisweilen auf Grund vorgeschriebener Formeln, und hiermit hört in der Hauptsache ihre Thätigkeit auf. Sie zieht die Abnutzung der Kessel nicht in Betracht und kann dies, ohne periodische Inspectionen, auch gar nicht thun; man kann sogar die Frage aufwerfen, ob beispielsweise das alte französische Gesetz in Bezug auf Kesselbau nicht mehr Schaden als Nutzen gethan habe. Die officielle Formel über die Stärke der Kesselbleche, welche mit Zugrundelegung einer reinen Cylinderform und unter der Annahme, daß ein noch so dickes Blech eine gleiche Wärmemenge fortleite, aufgestellt ist, war entschieden falsch. Die Verfahrungsweise, welche man das englische und amerikanische System nennen kann, wälzt die Last des Beweises der Nachlässigkeit Seiten des Besitzers auf den durch eine Explosion Beschädigten, und dieses System wird, abgesehen von andern Schwierigkeiten, von all den Vorwürfen getroffen, welche gegen die Behandlung wissenschaftlicher Fragen durch eine Jury, die nicht aus Sachverständigen besteht und nicht von wissenschaftlich gebildeten Zeugen unterstützt wird, ausgesprochen werden müssen. Das häufige Vorkommen von Explosionen in solchen Städten und Staaten von Amerika, in welchen keine Revision der Kessel durch die Behörden stattfindet, und das überwiegende Vorkommen derselben in England bei Kesseln, welche keiner systematischen Untersuchung unterliegen, beweist genügend, daß Dampfkessel nicht blos auf gut Glück gehandhabt werden dürfen. Auf der andern Seite hat das System der englischen Dampfkesselgesellschaften mit geregelten Revisionen und das ähnliche, von der Regierung bei den Passagiere befördernden Schiffen eingeführte Verfahren allgemeine Befriedigung erzeugt. Eine gehörige Vergleichung des Werthes der Methode der Manchesterer Gesellschaft und des Board of Trade mit dem continentalen System und dem Verfahren des „Gehenlassens" wäre nur auf Grund guter statistischer Unterlagen möglich, welche unglücklicherweise nicht vorhanden zu sein scheinen. Man hat indessen ermittelt,*) daß im Durchschnitt bei 277 Kesseln im Departement des Haut Rhin in Frankreich 2 Explosionen in 10 Jahren vorkamen, daß dagegen von 1856 bis 1861, d. i. in 5 Jahren, sich nur 2 Explosionen im Durchschnitt bei 1371 zu der Manchesterer Association gehörigen Kesseln ereigneten. Bei den 6500 Locomotiven der Vereinigten Königreiche werden jährlich ungefähr 4 Explosionen gezählt, heuer haben schon drei stattgefunden. Bei 600 Dampfschiffen, welche nach der Dampfschiffsacte in Großbritannien inspicirt werden, sind seit 1846—7 blos drei explodirt, nämlich ein Kessel zu Lowestoff auf dem Tonning, der zweite zu Southampton auf dem Parana und der dritte zu Dublin. Diese Resultate legen ein rühmliches Zeugniß für die Sorgfalt und Geschicklichkeit der englischen Inspectoren des Marine-Departements ab und hiernach wäre das continentale System entschieden schlechter, als das vom Board of Trade eingeführte System. Was offenbar fehlt, ist die Ausbreitung sachverständiger periodischer Kesselrevisionen über das ganze Land; zum Theil ist sie zwar nicht zu verkennen, aber sie schreitet nur langsam fort und bedarf eines Antriebes, und es ist zweifelhaft, ob in entlegeneren Districten die Kosten solcher Inspectionen nicht zu hoch ausfallen werden. Was unumgänglich nöthig erscheint, ist, daß bei Explosionen, welche Menschenleben kosten, der Coroner des Districtes berechtigt sein sollte, beim Home Office wissenschaftlichen Beistand zur Auffindung der Ursachen der Explosionen zu reclamiren. Der Staatssecretair müßte dann einen competenten Ingenieur zur Berichterstattung über den Befund absenden, welcher auch als Zeuge vor der Jury vernommen werden könnte. Schon die Gewißheit, daß jede Explosion von einem Sachverständigen streng untersucht werden werde, möchte in vielen Fällen den vorwiegenden Leichtsinn, mit welchem man lieber etwas riskirt, um weniger Kosten zu haben, siegreich die Waage halten.

*) Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse, 1861, p. 525.

Die hydraulische Probe.

Obwohl, wie wir gesehen haben, die Anwendung einer bestimmten hohen hydraulischen Pressung bei der Probe über die Festigkeit eines Kessels in so allgemeinem Gebrauch steht, so giebt es doch nur wenige Gegenstände im Ingenieurwesen, über deren wahren Werth die Ansichten soweit auseinandergehen. Alle Welt scheint darüber eine andere Ansicht zu hegen. Manche sagen, daß die hydraulische Probe das einzige Mittel sei, um die Stärke eines Kessels zu untersuchen, Andere, daß sie eine sehr schädliche und doch nutzlose Maaßregel sei. Was die Höhe der Pressung anlangt, so empfehlen Einige das $1\frac{1}{2}$-, Andere das 2-, noch Andere das 3- und einige Wenige sogar das 4fache des normalen Druckes. Während zahlreiche Ingenieure die Anwendung bei alten Kesseln empfehlen, haben Andere große Bedenken gegen eine derartige Anwendung. Auch wird in Frage gezogen, ob die hydraulische Presse der beste Apparat zur Erzeugung des Druckes sei. Die Wahrheit ist wohl, daß sie auf der einen Seite ebenso wie andere Prüfungsmittel übertrieben und verkehrt angewendet werden kann, auf der andern Seite aber auch wieder ihr Werth überschätzt wird.

Der beste Beweis für die Nothwendigkeit der Anwendung bei neuen Kesseln besteht darin, daß Kesselexplosionen sogleich bei dem ersten Male, wo in einem Kessel Dampf erzeugt worden ist, vorgekommen sind, z. B. auf den Atlas-Werken zu Manchester im J. 1858. Wenn nicht jede

Blechtafel für sich bis zum Zerreißen probirt wird, kann man nicht wissen, ob nicht eine davon defect ist; diese Prüfung wird aber augenscheinlich weit besser durch die hydraulische Presse bewirkt. Was dann die Anwendung bei alten Kesseln anlangt, so kann zwar bei einer inneren Inspection Vieles aufgefunden werden, aber es ist nicht immer möglich, auf diese Weise die vorhandene Stärke der Kesselbleche oder ihre Verletzung durch die Hitze zu ermitteln. Man hat oft behauptet, daß das glückliche Ueberstehen der hydraulischen Probe noch keinen Beweis dafür abgebe, daß der Kessel nicht bei etlichen Pfunden mehr Druck geborsten sein würde, daß er aber dabei so leiden könne, daß er dann möglicherweise auch bei einem niedrigeren Drucke explodire; dies ist indessen nicht mehr wahrscheinlich, als es z. B. von einem Brückenträger wahrscheinlich ist, welcher ohne permanente Einbiegung seine Probebelastung getragen hat. Allemal ist aber nöthig, daß die Wirkung auf den Kessel genau ermittelt wird, denn die wahre Probe besteht in dieser Untersuchung und der Probedruck ist nur das Mittel zu diesem Zwecke. Der Kessel sollte wo möglich einer sorgfältigen inneren und äußeren Prüfung unterworfen werden. Bei Locomotivkesseln kann dies blos unter Entfernung der Rauchröhren geschehen, bei stationären Kesseln nur nach Entfernung des Mauerwerkes; in Wirklichkeit ist aber ein Kessel nicht als ganz sicher anzusehen, wenn er nicht leicht, und besonders von Innen, untersucht werden kann. Wenn man aber die Rauchröhren, die Verbrennungskammern, die ebenen Flächen und selbst die Cylinderkessel probirt, so kann ziemlich zuverlässig ermittelt werden, ob die Grenzen der Elasticität des Materiales auch nicht überschritten worden sind, ob deshalb die Pressung einem ohnehin schon dem Bersten nahen Kessel Schaden gethan hat. Man hat oft mit großem Schein der Wahrheit bemerkt, daß es sehr gefährlich sei, einen Kessel, der nicht innerlich untersucht werden kann, mit der doppelten oder auch nur $1\frac{1}{2}$fachen Pressung zu probiren, indem man sagt, daß die Probe den Kessel dehnen könne, ohne daß dies auswärts sichtbar werde. Dies ist sicher möglich; ein Locomotivkessel, welcher mit 196 Pfd. Druck (Wassertemperatur 162° F.) im September 1860 probirt, aber nicht innerlich untersucht worden war, explodirte am 1. April 1861 bei nur 120 Pfd. Dampfdruck, indem er an der Rauchbüchsenflansche des Cylinderkessels und wie gewöhnlich in einer Furche oder einem Rißchen dicht neben und parallel mit der innern Kante der Längsnaht platzte. Man kann kaum glauben, daß, wenn dieser Ring, ebenso wie die andern, nach Abnahme der Armatur (lagging) von der Außenseite probirt worden wäre, wie es die Ingenieurs der Manchester-Association thun, derselbe nicht eine permanente Zunahme des Durchmessers oder eine Ausbauchung unter dem Extradrucke gezeigt haben sollte. Wenn unter Vernachlässigung genauer Messungen vor und nach Anwendung der hydraulischen Presse diese Probe sehr stark angewendet wird, so kann die ganze Operation ohne Zweifel gerade Ursache dazu werden, zu dessen Verhütung sie eingeführt ist. Nach dem Preußischen Gesetz mußte jeder Locomotivkessel von Neuem auf das Doppelte des regulären Druckes probirt werden, wenn er 8000 preuß. Meilen zurückgelegt hatte, und dann jederzeit nach 5400 Meilen Weg; diese Maaßregel that, ob sie gleich Explosionen nicht ganz zu verhüten im Stande war, den Kesseln großen Schaden, indem sich die Stehbolzen dehnten, und indem sehr stark verstemmt werden mußte, um die Nähte dicht zu bekommen. Auf der andern Seite kann die absolute Sicherheit, die mit Ausziehen der Röhren zu erzielen ist, bei der gegenwärtigen Constructionsweise nur mittelst eines Aufwandes von 300 Rauchröhren, welche 25 bis 27 Schilling pro Stück kosten, und nur durch Beschädigung der Rohrwand erkauft werden.

Was man auch gegen die hydraulische Probe sagen mag, das beste Zeugniß zu ihren Gunsten bleibt immer ihre sehr allgemeine Anwendung. Neue, dem Staate gehörige Kessel müssen in den Vereinigten Staaten mit einem Drucke probirt werden, der um zwei Drittel größer ist, als der normale Druck, und dieselbe Maaßregel findet auf die 3000 Kessel in der Stadt New-York Anwendung. Anderson,*) C. E., zu Woolwich, hält seine Untergebenen an, bei den Kesseln in den Königl. Kanonengießereien mindestens doppelten Druck bei der Probe anzuwenden. Muntz in Birmingham hat öffentlich erklärt, daß er lange Zeit jährlich eine hydraulische Probe angewendet habe, „was er für eine Schuldigkeit gegen seine Arbeiter ansehe." Die Eastern-Counties-, die South-Eastern-, die Lancashire- und Yorkshire-, die Caledonische, die North-British-, die Edinburgh- und Glasgow- und die London- und South-Western-Eisenbahngesellschaft wenden die hydraulische Probe bei neuen und alten Kesseln an und nehmen gewöhnlich doppelte Pressung. Die London- und North-Western-Eisenbahn soll dies nur für neue Kessel gethan haben — wenigstens bis neuerdings. Die Great Northern- und die Great Western-Eisenbahngesellschaft thun es nicht und demgemäß kommen auch auf diesen Bahnen die meisten Explosionen vor.

Die Erfahrung lehrt also, daß die Gefahr bei Nichtanwendung der hydraulischen Probe größer ist, wenn auch die Möglichkeit nicht geleugnet werden kann, daß sie bisweilen die Schwäche eines Kessels nicht aufdecken mag, wenn derselbe nicht von Innen untersucht werden kann.

---

*) Board of Trade Report 1861, part 4.

*) Instructions to be observed in the Management of Steam Boilers in the Royal Gun Factories.

Beattie, der Ingenieur der London- und South-Western-Bahn, nimmt die Armatur (lagging) alle zwei Jahre ab und wendet 190 Pfd. Probedruck an, während der gewöhnliche Druck 125 Pfd. beträgt. Fletcher von der Manchester-Boiler Association wendet bei neuen Kesseln das Doppelte und bei alten das $1^1/_2$ bis $1^3/_4$ Fache des beabsichtigten Druckes an. Am häufigsten wird demnach bei neuen Kesseln der doppelte Druck angewendet und passende Verminderungen bei älteren Kesseln.

Eine unzweckmäßige Methode zur Messung des angewendeten Druckes, welche aus mehreren Gründen Irrungen herbeiführen kann, ist die Messung des Druckes nach dem Gewichte auf den Sicherheitsventilen. Man sollte hierzu nur Federmanometer anwenden und man kann derartige Instrumente in Taschenformat in Paris kaufen. Bei frostigem Wetter springen die Nietköpfe leicht ab, wenn man das Metall nicht vorher dadurch etwas erwärmt, daß man heißes Wasser anwendet. Will man die Wirkung nach Art des hydraulischen Widders vermeiden, so muß man bei der Pumpe etwas enge Druckrohre anwenden.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß es zweckmäßig sein würde, wenn man eine Methode zur Messung der permanenten und temporären Volumsausdehnung besäße, welche in Folge der hydraulischen Probe eintreten kann. Es ist auch wahrscheinlich, daß ein Kessel, je älter er wird, bei der Probe sich um so mehr permanent dehnt und an Volumen zunimmt, so daß er möglicherweise einige Gallonen mehr faßt, als im neuen Zustande. Im bayerischen Regulativ ist ein ingeniöser Weg zur Messung der Zunahme des Volumens angegeben; wenn nämlich der Kessel gefüllt ist, wird das Volumen des durch die Druckpumpe noch in denselben hineingedrückten Wassers dadurch gemessen, daß man es aus einem geaichten Gefäße mit Scala entnimmt. Wenn der Druck aufhört, zieht sich der Kessel mehr oder weniger zusammen, wobei wieder ein Theil des Wassers herausgedrückt wird, die Differenz wird als die entsprechende Volumvergrößerung des Kessels angesehen. Als Schwierigkeit bei Anwendung dieser Methode wäre die Gegenwart von Luft im Wasser und von möglicherweise zurückbleibender Luft im Kessel anzusehen, doch könnte die Luftmenge im Wasser durch Kochen sehr vermindert, oder allemal bis auf eine constante Größe herabgebracht werden. Was die im Kessel zurückgebliebene Luft anlangt, so hätte man keine Sicherheit dagegen und, da das von dem Wasser aufgenommene Luftquantum bekanntlich dem Drucke proportional ist, so würde es vom Wasser verschluckt werden und das Resultat nach Aufhebung des Druckes fälschen; jedoch würde bei hoher Temperatur des Wassers diese Absorption viel geringer ausfallen, kurz diese Methode verdient versucht zu werden. Sie könnte namentlich bei Röhrenkesseln, die von Innen nicht zugänglich sind, sehr nützlich werden, da jede permanente Streckung oder Durchbiegung dadurch sich verrathen würde, daß bei der Zusammenziehung des Kessels nach der Probe nur wenig oder kein Wasser herausgedrückt werden würde. Schon im J. 1844 schlug Jobard*) in Brüssel zur Vermeidung der muthmaaßlichen schädlichen Einflüsse des hydraulischen Stoßes des Wassers auf die Bleche vor, den Kessel mit Wasser zu füllen, die Sicherheitsventile zu belasten und nun das Wasser, und folglich den Kessel, durch Feuerung von außen auszudehnen. Neuerdings hat Dr. Joule**) in Manchester selbst diese Methode angewendet und deren allgemeine Einführung vorgeschlagen; er benutzte außer den belasteten Sicherheitsventilen einen Metall-Manometer, „an welchem immer abzulesen ist, und welcher, wenn der in Folge der Expansion des Wassers entstehende Druck continuirlich, ohne plötzlichen Stillstand oder Abnahme, bis zu der Probepressung gewachsen ist, schließen läßt, daß der Kessel die Probe ohne Streckung ausgehalten habe.“ Eine andere, ebenfalls auf dasselbe Prinzip, nämlich auf die Unregelmäßigkeit der Ausdehnung der Metalle bei Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze, begründete Methode ist neuerdings vorgeschlagen worden;***) sie besteht darin, daß man einen gewöhnlichen Indicator mit dem Druckpumpenkolben genau so in Verbindung setzen soll, als ob dies ein Dampfkolben wäre. Dann würden die Bleistiftdiagramme den Druck im Kessel geben, während die betreffenden Abscissen die bei jedem Spiele in den Kessel gepumpten Wassermengen repräsentiren würden. So lange die Elasticitätsgrenze nicht überschritten wäre, würde dies eine horizontale Linie sein, während eine krumme Linie erscheinen würde, sobald die Wände eine permanente Biegung erfahren hätten. Es scheint eine Art Widerspruch darin zu liegen, wenn Resultate wie diese von so unregelmäßigen Erscheinungen, wie die Ausdehnungen über die Elasticitätsgrenze hinaus abhängen sollen, aber alle diese Vorschläge verdienen sehr die Prüfung durch die Praxis. Dr. Joule's Methode gewährt den Vorzug, daß die Bleche sowohl durch Druck, als durch Wärme in Anspruch genommen werden, was mehr den wirklichen Verhältnissen entspricht.

*) Technologiste, 1844, p. 135.

**) On a method of Testing the Strength of Boilers. Journal of the Manchester Philosophical Society, 1862, p. 97.

***) Polytechnisches Centralblatt, 13. Okt. 1864, S. 1337.

Universal-Kuppelungen, welche die Rotationsbewegung ohne Aenderung der Winkelgeschwindigkeit übertragen.

Von

Rudolph Bredt, Ingenieur in Berlin.

(Hierzu Tafel 27.)

Die, wegen ihrer Einfachheit fast ausschließlich angewandte, Hook'sche Universal-Kuppelung hat bekanntlich den Fehler, daß dieselbe die Rotationsbewegung nicht gleichförmig überträgt; und zwar nimmt die Aenderung der Winkelgeschwindigkeit, welche die getriebene Welle erleidet, schnell mit der Größe des Winkels, den die Wellenaxen miteinander bilden, zu. Beispielsweise ist für einen Axenwinkel von 45° 0,707 die kleinste und 1,41 die größte Winkelgeschwindigkeit der getriebenen Welle, wenn die Winkelgeschwindigkeit der treibenden Welle = 1 ist. Noch stärker wie die Winkelgeschwindigkeiten variiren die Kräfte, die in der Kuppelung wirksam sind. In der einen Hälfte jedes Quadranten hat die treibende Welle nicht nur den Widerstand der getriebenen mit einer größeren Geschwindigkeit zu überwinden, sondern sie muß auch noch die ganze Schwungmasse der Wellenleitung beschleunigen; und in der andern Hälfte jedes Quadranten, wo der Widerstand mit geringerer Geschwindigkeit zu überwinden ist, wirkt auch noch die lebendige Kraft der Schwungmasse treibend mit. Hierdurch erklären sich leicht die Uebelstände, die sich in der Regel beim Hook'schen Schlüssel zeigen, nämlich starke Stöße, Schleifen des Riemens 2c. Man kann diese Uebelstände in etwas dadurch beseitigen, daß man auf die treibende Welle ein Schwungrad setzt. Um denselben jedoch vollständig abzuhelfen, ist man vielfach bemüht gewesen, Universal-Kuppelungen zu construiren, welche die Bewegung ohne Aenderung der Winkelgeschwindigkeit übertragen, und der Verein zur Förderung des Gewerbfleißes in Preußen hat die Construction einer solchen Kuppelung zum Gegenstand einer Preisaufgabe gemacht, welcher auch das Folgende seine Entstehung verdankt. Die Zahl der Kuppelungen, welche der eben ausgesprochenen Anforderung genügen, ist sehr groß, jedoch sind nur wenige für die Praxis geeignet, da die meisten entweder zu unsolid, oder zu theuer sind. Viele der Kuppelungen haben jedoch, wenn sie auch nicht auf eine allgemeine Verbreitung in der Praxis Anspruch machen dürfen, eine besondere Eigenschaft vor allen übrigen voraus, wodurch sie in speciellen Fällen den Vorzug vor allen andern verdienen können. Jedenfalls sind auch solche mehr oder weniger theoretische Lösungen von einigem Interesse, und ich will im Folgenden zuerst einige derselben anführen.

1) Eine eigenthümliche Universal-Kuppelung läßt sich aus 4 conischen Rädern, die in der in Fig. 1 angedeuteten Weise miteinander verbunden sind, herstellen. a und b sind die beiden Wellen. Die Axe der Zwischenwelle cc steht sowohl auf a, als auf b und also auch auf der Ebene ab senkrecht, und hat also für jeden Winkel, den die beiden Axen miteinander bilden, ihre bestimmte stabile Lage, und die Bewegungsübertragung geht durch die conischen Räder so vor sich, wie wenn die Axe cc festgelagert wäre. Daß die Axe C frei beweglich ist, ist leicht einzusehen; denn wir können jede beliebige Verschiebung der Welle C aus zwei Verschiebungen zusammensetzen, und zwar aus einer Verschiebung in der Ebene ab und aus einer Verschiebung auf einem Kegelmantel, dessen Rotationsaxe die Axe a ist.

Diese Kuppelung hat den Vorzug, daß dem Axenwinkel fast keine Grenzen gesetzt sind, wenn man nur die Räder ff im Verhältniß zu den Rädern dd klein genug macht. Dabei wirkt diese Kuppelung für alle Winkel gleich gut, während fast bei allen andern Kuppelungen der Reibungswiderstand mit der Größe des Axenwinkels schnell zunimmt. Abgesehen von andern Uebelständen hat diese Kuppelung jedoch den Nachtheil, daß sie, wenn die Wellen in gerader Linie stehen, unwirksam wird, denn die Lage der Axe c ist dann nicht mehr bestimmt, da dieselbe in diesem Falle in allen Lagen auf a und b senkrecht steht und daher beliebig hin- und herschwanken kann.

2) Dem Princip nach wohl die einfachste Kuppelung ist in Fig. 2 dargestellt. Die Wellen a und b sind durch das Kugelgelenk c miteinander verbunden, dann sind zwei Stangen von gleicher Länge ee mit zwei Punkten der

Wellen, die von dem Schnittpunkt der Wellenaxen gleichen Abstand haben, durch Charniere, deren Drehungsaxen auf den Wellenaxen senkrecht stehen, verbunden; und diese Stangen sind wiederum durch ein Kugelgelenk d miteinander verbunden. Da die Bahn des Punktes d in der Halbirungsebene des Axenwinkels liegt, so hat derselbe von den beiden Axen stets den gleichen Abstand, und daher müssen die Wellen gleiche Winkelgeschwindigkeit haben.

3) Eine ähnliche Kuppelung kann man aus dem sogenannten doppelten Hook'schen Universalgelenk ableiten. Dieses Gelenk wird nämlich dann schon die Bewegung richtig übertragen, wenn das Zwischenstück c (Fig. 3) symmetrisch zu den beiden Axen steht, also die Axe des Zwischenstücks mit den Axen der Wellen gleiche Winkel bildet. Man hat also nur dafür zu sorgen, daß das Zwischenstück stets diese symmetrische Lage einnehmen muß. Dies läßt sich auf verschiedene Weise erreichen; am einfachsten wohl, indem man das Zwischenstück aus zwei gleichlangen Theilen vermittelst eines Charniers zusammensetzt und außerdem die Wellen durch ein Kugelgelenk verbindet (Fig. 4). Die Bewegungsübertragung geht aus denselben Gründen wie bei der eben angeführten Kuppelung ohne Aenderung der Winkelgeschwindigkeit vor sich. In Beziehung auf Reibung gestaltet sich diese Kuppelung sehr günstig. Da die ganze Kuppelung um eine feste Axe, die in der Ebene der Wellenaxen liegt und der Halbirungslinie des äußeren Axenwinkels parallel ist, rotirt, so ist in den Charnieren c und f f bei der Rotation keine Drehung, also auch keine Reibung und Abnutzung. Diese Charniere sind nur erforderlich, um die Beweglichkeit der Wellen nach allen Richtungen herzustellen. Wir haben also nur in zwei Charnieren Reibung, und zwar drehen sich auch diese Charniere nur um den Axenwinkel, während beim Hook'schen Schlüssel die Drehung in den Charnieren gleich dem doppelten Axenwinkel ist. Die constructive Ausführung dieser Kuppelung läßt sich auf mannigfache Weise modificiren. Am einfachsten und billigsten wird sie wohl, wenn man sie ganz aus Gußeisen ausführt. Hülse, Charnier und Kugelgelenk wird dann ein Gußstück, wie Fig. 5 zeigt.

4) Die in verschiedenen Journalen beschriebene Universal-Kuppelung von Taylor giebt zu der Frage Anlaß, ob es nicht möglich wäre, dadurch, daß man der Hülse und der Nuß geeignete Formen gäbe, daraus eine Kuppelung mit richtiger Bewegungsübertragung herzustellen. Daß dies in der That in gewisser Weise möglich, soll die folgende Betrachtung zeigen.

Die treibende Welle B, an der die Nuß, und die getriebene Welle C, an der die Hülse befestigt sein möge, schneiden sich in O unter dem Winkel φ (Fig. 6). Die Ebene CB sei die XY Ebene unseres Coordinatensystems, und zwar C die X Axe und der Durchschnittspunkt von C und B der Coordinatenanfang. Wir nehmen nun an, die Welle C werde durch eine zur Axe B senkrechte Linie, welche durch den Coordinatenanfang geht, und in dem Anfangszustand, von dem wir ausgehen, in der XY Ebene liegen möge, in Bewegung gesetzt. Dann sind die Coordinaten eines Punktes A dieser Linie (dessen Abstand von der Axe B = r sei), nachdem sich die Axe B um einen Winkel ω gedreht hat:

$$x = r\cos\omega\sin\varphi,$$
$$y = r\cos\omega\cos\varphi,$$
$$z = r\sin\omega.$$

Die Bahn der Linie AO gegen die mit derselben Winkelgeschwindigkeit rotirende XY Ebene giebt uns ohne Weiteres die der Linie AO entsprechende Fläche der Hülse an.

Um die Gleichung dieser Fläche aufzustellen, denken wir uns das Coordinatensystem um den Winkel ω um die X Axe gedreht, und bezeichnen die Coordinaten des Punktes A in diesem neuen Coordinatensystem mit $x_1 y_1 z_1$. Die Gleichungen der neuen Coordinatenebenen sind dann:

$$x = 0, \qquad (yz)$$
$$z\sin\omega + y\cos\omega = 0, \qquad (xz)$$
$$z\cos\omega - y\sin\omega = 0. \qquad (xy)$$

Indem wir die Coordinaten des Punktes A in diese Gleichung einsetzen, erhalten wir die senkrechten Abstände von diesen Ebenen, nämlich:

$$x_1 = r\cos\omega\sin\varphi,$$
$$y_1 = r\sin^2\omega + r\cos^2\omega\cos\varphi,$$
$$z_1 = r\sin\omega\cos\omega\,(1-\cos\varphi).$$

Durch diese drei Gleichungen ist uns mit Rücksicht auf eine 4te Gleichung $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$ die gesuchte Fläche der Hülse gegeben.

Man sieht aus diesen Gleichungen, daß es nicht möglich ist, der Hülse eine solche Form zu geben, daß sie für alle Axenwinkel die Bewegung richtig überträgt. Denn legen wir in unsern Gleichungen dem Winkel φ nacheinander verschiedene Werthe bei, so erhalten wir eine Reihe von Kegelflächen, deren Durchschnitte mit einer Kugeloberfläche etwa den in Fig. 6 angedeuteten Verlauf haben, und es ist unmöglich, daß die Linie AO auf alle diese Flächen treibend wirken könne.

In der Praxis wird es nun aber nicht immer verlangt, daß die Kuppelung vollständig universal wirken soll, sondern häufig sind dem Axenwinkel ziemlich enge Grenzen gesetzt, und für diesen Fall können wir die richtige Fläche leicht construiren. Zur Construction der Fläche sind wohl die obigen 4 Formeln am bequemsten; man kann aber auch leicht aus den Gleichungen ω und r eliminiren und erhält dann eine Gleichung vom 8ten Grade zwischen xyz.

Noch einfacher läßt sich jedoch die Fläche graphisch darstellen:

Der Kreis um a_0 (Fig. 7) stelle die wahre, die Ellipse die Projection der Bahn des Punktes A gegen eine zur Axe C senkrechte Ebene dar. Wir gehen von der Lage aus, in der A senkrecht über der Ebene CB steht. Der Punkt A habe sich um den Winkel $A_0 a_0 A_1$ gedreht und sei also in der Projection von a_0 nach a_1 gekommen. Mit diesem Punkt a_1 muß auch ein Punkt der Hülse in Berührung stehen, und wir brauchen denselben also nur um die Axe C, um den Winkel $A_0 a_0 A_1$ zurückzudrehen, so haben wir den Punkt der Hülse in der Ausgangslage bestimmt. Wir ziehen also durch a_1 eine Parallele mit C, diese schneidet die Ellipse in G und G a_0 giebt uns den senkrechten Abstand des Punktes a_1 von der Axe C an. Wir schlagen nun mit G a_0 um a_0 einen Kreis und tragen von G aus den dem Winkel $A_0 a_0 A_1$ entsprechenden Bogen ab und ziehen durch a_1 eine Senkrechte, durch H eine Parallele zur Axe C, und der Schnittpunkt dieser Linien giebt uns den gesuchten Punkt der Hülse a. Durch Wiederholung dieser Construction erhalten wir eine Reihe Punkte, welche in einer Curve, die im Punkt a_0 einen Wendepunkt hat, liegen, zugleich ist die Curve in Bezug auf diesen Punkt symmetrisch, und ist die Projection des Durchschnitts der gesuchten Kegelfläche mit einer Kugelfläche vom Radius $a_0 A_0$.

Bei der in Fig. 8 angedeuteten Ausführung ist vorzüglich auf Billigkeit gesehen worden. Damit die Flächen nicht bearbeitet werden müssen, sind kleine Frictionsrollen aa angebracht; cc sind Löcher, die nur dazu dienen, den Bolzen b durchzustecken, der dann durch die Preßschraube d festgehalten wird.

5) Aus dem doppelten Universalgelenk läßt sich noch eine weitere Kuppelung ableiten, indem man das Zwischenstück $c = 0$ werden läßt, so daß die Axen der Charniere a und b bei der in Fig. 3 skizzirten Wellenlage ineinanderfallen.

In Fig. 9 ist die Kuppelung in einer Ansicht von oben und einer Ansicht nach einer Drehung der Wellen um 90°, ebenfalls von oben gesehen, dargestellt. Es ist a die treibende, b die getriebene Welle. Auf der Welle a ist die Gabel c aufgekeilt. Diese ist mit den Zapfen des Kreuzes e derart verbunden, daß die Axe der Zapfen d senkrecht zur Axe a steht, das ganze Kreuz aber um die Axe der Zapfen d drehbar ist. In gleicher Weise ist mit der Gabel f, die auf der Welle C aufgekeilt ist, der Ring h verbunden, so daß also die Axe der Zapfen gg senkrecht auf der Axe b steht. Dieser Ring ist nun wieder durch das Charnier ii derart mit dem Kreuz verbunden, daß die Axe dieses Charniers, die Axen der Zapfen gg und dd unter einem rechten Winkel in demselben Punkt schneidet, und dieser Punkt ist zugleich auch der Schnittpunkt der Axen. Diese Kuppelung wird die Bewegung ohne Aenderung der Winkelgeschwindigkeit übertragen, wenn die Axe des Charniers ii in der Halbirungsebene des Axwinkels bleibt. Bei schnellgehenden Wellen, wo die Schwungmasse der Wellenleitung so groß ist, daß die lebendige Kraft derselben den Widerstand während einer halben Umdrehung ohne merkliche Geschwindigkeitsänderung überwinden kann, wird die Axe ii von selbst in der Halbirungsebene des Axenwinkels bleiben. Ist dies nicht der Fall, so muß man durch andere Mittel die Axe in der Halbirungsebene zu halten suchen, das kann man entweder durch zwei symmetrisch angebrachte Federn, oder auch, wie in Fig. 9, durch folgenden Mechanismus erreichen. Es ist hier einer der Zapfen des Charniers ii nach Außen stabartig verlängert. Auf dieser Verlängerung ist ein kleines Charnier k verschiebbar und dieses Charnier ist durch zwei Lenkstangen mit zwei Punkten der Gabeln ll, die von dem Schnittpunkt der Axen gleichen Abstand haben, verbunden, wodurch also die Axe des Charniers gezwungen wird, in der Halbirungsebene des Axenwinkels zu bleiben.

6) Schließlich will ich noch einer Kuppelung erwähnen, die mir von Herrn Ingenieur K. Moring aus Kyrkslätt (Finnland) mitgetheilt wurde. Dieselbe hat die größte Aehnlichkeit mit dem Hook'schen Schlüssel, die Gabeln sind nur rund ausgeführt und statt der Löcher hat man sich Schlitze zu denken. Dann kann das Kreuz stets in der Halbirungsebene des Axenwinkels bleiben und die Idee des Herrn Moring war, das Kreuz so stark auszuführen, daß es durch sein Beharrungsvermögen in der Halbirungsebene gehalten wurde.

Man kann die Kuppelung nun noch dahin modificiren, daß man nur eine der Gabeln a (Fig. 10) rund und mit einem Schlitz ausführt, während die andere b wie beim Hook'schen Schlüssel ein gewöhnliches Charnier hat.

Von dieser Kuppelung gilt dasselbe wie von der unter 5) angeführten, nämlich daß sie die Bewegung richtig übertragen wird, wenn die Axe des Charniers cc in der Halbirungsebene bleibt, und dies wird der Fall sein, wenn in den Wellen ein Beharrungszustand eingetreten ist und dabei die Schwungmasse der Wellenleitung hinreichend groß ist. Wenn dies nicht der Fall ist oder schon beim Anlauf der Maschine eine richtige Bewegungsübertragung verlangt wird, muß man wieder entweder die eben beschriebenen Lenkstangen, oder besser noch, Federn anwenden.

Diese Kuppelung ist sehr compendiös und nicht viel theurer, als der Hook'sche Schlüssel. Wegen der bei dieser Kuppelung auftretenden gleitenden Reibung wird jedoch die unter 5) beschriebene Kuppelung für größere Axenwinkel wohl den Vorzug vor derselben verdienen.

Drei Vorlesungen des Professors Porro in Mailand über die Geschwindmeßkunst.

(Nach dem Giornale del Ingegnere-Architetto ed Agronomo. Anno XIII.)

Nachdem wir wiederholt in diesen Blättern der von Professor Porro angegebenen neuen Methoden des Feldmessens gedacht, auch im 5. Hefte dieses Jahrganges zwei der hauptsächlichsten Instrumente abgebildet haben, deren sich die neue Geschwindmeßkunst bedient, glauben wir unsern Lesern auch noch die nachfolgenden 3 Vorlesungen mittheilen zu müssen, in welchen Professor Porro ein Resumé über die im Laufe des Jahres am polytechnischen Institut zu Mailand gehaltenen Vorlesungen giebt und besonders die Anwendung der neuen Methode bei Eisenbahn- und Straßenvermessungen darlegt. D. Red.

Erste Vorlesung.

Als Vorbereitung für die praktischen Uebungen in der Anwendung der Geschwindmeßkunst auf die Vermessung großer Verkehrsstraßen wird es sehr nützlich sein:

1. klar darzulegen, worin die wahre Aufgabe der Geodäsie besteht, und was der vermessende Ingenieur von ihr verlangen darf,

2. zu zeigen, daß es Zeit sei, die bisher übliche Methode der Profile zu verlassen und sich der von den Militär-Ingenieurs fast ausschließlich angewendeten Carnot'schen Methode zuzuwenden,

3. nachzuweisen, wie ungenügend die ältere Methode sei, und wie nothwendig es demgemäß ist, sich ohne Umschweife und Rückhalte sofort und ganz der neuen Methode hinzugeben, die hier von mir zwei Jahre hindurch unter dem bescheidenen Namen der Geschwindmeßkunst vorgetragen worden ist.

Der geometrische Theil des allgemeinen Problemes des Absteckens von Verkehrsstraßen läßt sich kurz in folgender Weise aussprechen:

Es ist auf der Oberfläche des gegebenen Districtes eine Verbindungslinie zwischen zwei gegebenen Punkten anzugeben, welche möglichst kurz ist, den bezüglich der Steigungsverhältnisse und Curven zu stellenden Forderungen entspricht und sich der vorhandenen Oberfläche möglichst anschließt, ohne große Abträge oder Aufträge und sonstige Kunstbauten nöthig zu machen.

Außerdem sind noch accessorische Bedingungen in Betreff der Ausführung zu erfüllen, unter denen die wichtigste darin besteht, eine solche Lage des Schwerpunktes der Auf- und Abträge zu wählen, daß die Momente in Bezug auf die Uebergangspunkte Minima seien; ferner sind bei der Tracirung zu berücksichtigen: die Kunstbauten, die geologischen Verhältnisse, die climatologischen Einflüsse, denen die Bahn ausgesetzt ist, u. s. w. Wären Tunnel oder Bergdurchbohrungen zu projectiren, so wird natürlich eine viel größere Genauigkeit der geodätischen Arbeit erfordert, damit die Linie dann, wenn wirklich zur Ausführung geschritten wird, mit großer Genauigkeit abgesteckt und mit Sicherheit darauf gerechnet werden kann, daß die verschiedenen Oerter, mittelst deren von verschiedenen Punkten aus die Durchbohrung des Gebirges auf einmal in Angriff genommen wird, auch nicht von der vorgezeichneten Linie abweichen.

Alle diese Bedingungen modificiren übrigens in Nichts die geometrische Seite der oben allgemein ausgesprochenen Aufgabe. Was hat nun der Ingenieur zur Lösung derselben von der Geodäsie*) zu verlangen?

Er bedarf nur eines Gegenstandes; da es nämlich unmöglich ist, beliebig auf dem Felde zu arbeiten, oder mit einem einzigen Blicke das Ganze und die Theile in ihren Beziehungen richtig aufzufassen, so muß er verlangen: ein completes Reliefmodell der Gegend, auf welche sich seine Arbeit bezieht.

Sehen wir nun, was uns dagegen die ältere Geodäsie gewöhnlich liefert, und in welcher Weise man die fragliche Aufgabe zu behandeln pflegt. Nehmen wir an, es sei eine gewöhnliche Fahrstraße über die Appeninen zwischen Genua und der Po-Ebene abzustecken, diese Arbeit sei aber nicht, wie es der Fall war, dem trefflichen Obersten Podestá, einem Manne, der während seines Lebens dem italienischen

---

*) Die Geodäsie ist eigentlich die Lehre von der Theilung der Erde oder der Ländereien; wir verstehen sie aber hier im weitesten Sinne und begreifen Topographie und Nivelliren mit darunter.

Ingenieurstande in dreifacher Beziehung, als Militair, als Bürger und als Industrieller zur Ehre gereicht hat, übertragen gewesen. Der Ingenieur würde dann zuerst in verschiedenen Richtungen und wiederholt die Localität zu Fuß durchstreifen, in ein Thal hinab-, im andern hinaufsteigen, die Bergkette zwischen Candelosso. und Monte Lacco, zwischen Genua und Novi durchschweifen und endlich, die Straße der Bocchetta aus der erlangten Anschauung verwerfend, die Nützlichkeit eines Passes durch das Thal Bisogno und die Creto-Berge leugnen (aber ohne Beweise), dagegen den Paß dei Giovi empfehlen, worauf die Regierung sich auf die Richtigkeit des praktischen Blickes verlassen und der Ansicht des ausgezeichneten Ingenieurs beitreten müßte, die Straße also über den Giovi gelegt werden würde.

Hierauf rückt nun der Ingenieur in's Feld und studirt, oder, richtiger gesagt, sucht sich eine Are des Weges oder, wie Andere sagen, eine Operationslinie aus, welche er abpfählen, dann der Länge und Quere nach nivelliren läßt, um auf Grund dieser Nivellements ein genaueres Studium mit Veränderung der Curven, Gefälle, Wegübergänge, Fluß- und Schluchtüberschreitungen, Einsenkungen und Erhöhungen vorzunehmen und endlich zu einer Lösung zu gelangen, welche in mehr oder weniger weiten Grenzen der Zuläßigkeit den allgemeinen Bedingungen der Aufgabe genügt.

Jede neue aufgefundene Variante giebt Anlaß zur Aufnahme neuer Profile, um die Niveaus zu firiren, sodaß man in Frankreich annimmt, daß ein Straßenproject dem Ingenieur durchschnittlich achtmalige Terrainaufnahmen kostet.

Aber nicht immer sind so einfache und so zu sagen von selbst vorgeschriebene Richtungen des Weges vorhanden, wie der Abhang von Giovi nach Busella, sondern es giebt gewisse Tracte, welche sehr große Schwierigkeiten bieten; der südliche Abhang z. B., wo es gilt, in verwickeltem Terrain auf einer Länge von wenigen Kilometern eine Ansteigung von 400 Metern verticaler Höhe zu überwinden, läßt, wie das ganze Scriviathal, lebhaft das Bedürfniß nach einem Reliefmodell fühlen, aber man fürchtet den bedeutenden Aufwand an Kosten und vorzüglich an Zeit, welchen die Anfertigung eines solchen Modelles verursachen würde. Ja, das Modell ist eine utopische Idee und man muß auch mit weniger auszukommen wissen — aber womit denn?

Man muß auszukommen wissen — und thut es gewöhnlich — mit einer eingebildeten, mehr durch das Gefühl, als durch die Anschauung aufgefundenen Trace der Linie, mit der Untersuchung derselben, mit einem ausgeführten Längennivellement und den in etwa 100 Meter Abstand aufgenommenen Querprofilen. Aber Alles dies hat nicht etwa den Erfolg, daß man die Ueberzeugung gewinnt, die beste Linie gefunden zu haben, sondern dient blos dazu, die gröbsten Mängel der angenommenen Trace zu verbessern, und so lange daran herum zu ändern, bis eine erträgliche Linie gefunden ist, deren Gefälle bei jeder Gelegenheit wechselt, und welche noch die tausend Mängel einer unvollkommen untersuchten, gefährlichen, in der Unterhaltung kostspieligen, überhaupt fehlerhaften Linie besitzt, wie es z. B. bei der trotzdem nicht wenig bewunderten Giovibahn der Fall ist.

Das in dieser Weise vom Ingenieur ausgearbeitete Project wird nun der oberen Baubehörde vorgelegt, welche, wenn sie sich nicht in corpore an Ort und Stelle begeben und neue Vermessungen und Erörterungen anstellen will, kein Mittel in der Hand hat, sich zu überzeugen, ob es keine bessere Linie gebe, oder ob nicht wenigstens zweckmäßige Varianten zu der fraglichen Linie möglich seien; die Baubehörde muß daher in verba magistri schwören, indem sie ihren Meister in dem Aufsteller des Projectes anerkennt, welches sie eben prüfen und beurtheilen soll.

Stellen wir daneben als zweites Beispiel Napoleon I., wie er seine Entscheidung über das Chabrol'sche Project eines Canales vom ligurischen Meere (Savona) zum Po sprechen soll, so sehen wir ihn genau in derselben Lage und natürlich mußte sich dabei auch begeben, was sich ereignet hat, nämlich daß, in Ermangelung genügender Unterlagen zur Bildung eines Urtheiles, gar keine Entscheidung abgegeben wurde, und daß demgemäß das verschobene Werk gar nicht zur Ausführung gelangte.

Wie kommt es, daß wir schon so lange und so lebhaft und so dringend die Nothwendigkeit der Ueberschreitung der Alpen mittelst einer Eisenbahn im Norden der großen Po-Ebene fühlen und dessenungeachtet, statt Hand an's Werk zu legen, blos die Zeit (schon über 20 Jahre sind darüber vergangen) in fruchtlosen Erörterungen verlieren? Daran ist allein, oder fast allein der Zustand der Geodäsie Schuld, welche statt Klarheit zu geben, nur Zweifel erregt, indem sie für die Vergleichung nur unsichere und unvollkommene Unterlagen verschafft.

Ein Reliefmodell des Bodens? . . . Aber das ist unmöglich, sagt der Eine, und unnütz; die Geometrie allein muß dazu genügen. Er hat Recht, nur genügt nicht die Geometrie der Ebene und der Profile; ein Ingenieur mit geübter Vorstellungsgabe und gründlichen mathematischen Kenntnissen sieht die Form eines Körpers in wenigen auf der Karte gezogenen Linien, sieht eine Curve in einer algebraischen Formel und unterscheidet ihre Natur und ihren Verlauf, erkennt endlich in einer numerischen Gleichung durch Punkte die complicirtesten Reliefformen des Bodens, und, um bei der graphischen Darstellung zu bleiben, welche für die Sinne der Mehrzahl leichter zu begreifen ist, so haben wir die descriptive Geometrie, welche seit Carnot's Zeiten Mittel kennt, die völlig geeignet sind, um ein

Modell des Terrains zu ersetzen. Man werfe das System der Profile in die Archive der früheren Irrthümer, man befolge die Carnot'sche Theorie und stelle das Terrain mittelst Niveaucurven dar, in welche die regelmäßigen Operationen des Projectes mittelst Neigungsscalen eingetragen werden, und man wird auf die vortheilhafteste Weise Ersatz für die kostspieligen und relativ unmöglichen Reliefmodelle erhalten.

Seit Carnot behandeln die Militär-Ingenieure aller Nationen ihre Aufgaben nach dieser wahrhaft praktischen, sprechend deutlichen, vollständigen und allen Bedingungen in wünschenswerther Weise entsprechenden Methode, und wenn die Straßenbau-Ingenieure, trotz der wachsenden Bedeutung untadelhafter, zuverlässiger und rascher Ausführung, diese Methode noch nicht angenommen haben, so muß auch in diesem Falle die Schuld der Geodäsie zugeschrieben werden, welche mit ihrer Langsamkeit, ihrer Unvollkommenheit, ihren in Folge angestrebter Vereinfachungen so complicirt gewordenen Verfahrungsweisen, ihren in Folge von Verstümmelungen so über alles Maaß hinaus vermehrten Instrumenten nur mit sehr großen Kosten Pläne mit Niveaucurven herzustellen im Stande ist, denn diese Geodäsie, die man wohl die alte nennen darf, ob sie gleich noch heutigen Tages geübt und öffentlich gelehrt wird, kann derartige Pläne nicht anders liefern, als durch gesonderte planimetrische und hypsometrische Aufnahmen, also durch Vermehrung des Aufwandes an Zeit und Geld auf's Doppelte und mehr.

Zur Verhöhnung dieses Zustandes tritt die Nothwendigkeit gebieterisch ein und, wo sie so lebendig und eindringlich spricht, treibt sie die Gewissenhaften zu diesem Wege.

Um nur des Einen zu gedenken, wollen wir einen raschen Blick auf die lobenswerthe Arbeit werfen, welche im verflossenen Jahre vom Ingenienr Vanossi bezüglich der projectirten Eisenbahnen über den Splügen und Septimer ausgeführt worden ist. Sie sehen hier*) ein Relief dargestellt durch Niveaucurven, mittelst dessen das Studium der Linie und aller möglichen Varianten nachträglich, a posteriori, hat vorgenommen werden können, sowie die Längs- und Querprofile, welche vorgelegt werden mußten, um mit den sogenannten Praktikern, welche sich nicht um das Verständniß der von der wahren Wissenschaft, der praktischsten der Wissenschaften, gesprochenen Muttersprache bemühen, in ihrem Dialekte reden zu können, Profile, welche ebenfalls a posteriori, aber mit viel größerer Genauigkeit, aus den Plänen mit Niveaucurven abgeleitet worden sind.

Können wir hierdurch für bewiesen ansehen, daß die Carnot'sche Methode um Vieles vortheilhafter, als die alte Methode mittelst Horizontal- und Vertical-Plänen ist, so wollen wir noch betrachten, auf welche Weise die Militairingenieure, welche sich derselben ausschließlich bedienen, dabei verfahren. Als Beispiel wollen wir die Insel Tino (im Golf von Spezzia) nehmen, welche unter dem ersten Kaiserreich von einem unserer verdienteren, erst vor wenig Jahren verstorbenen Ingenieure, dem Baron Chiodo, Generallieutenant im italienischen Ingenieurcorps, aufgenommen worden ist. Diese Insel wurde im Grundplan mit der Feldmessereinheit in Quadrate nach dem wahren Meridian und der Ostwestlinie eingetheilt und alle Knotenpunkte des quadratischen Netzes wurden mit Piquettes bezeichnet, deren Höhe über dem Meeresspiegel mittelst des gewöhnlichen Nivellirinstrumentes bestimmt wurde — dann ergaben sich durch Interpolation zwischen den gemessenen Höhen die Durchgangspunkte für die Niveaucurven, welche dem Gefühle nach an Ort und Stelle eingezeichnet wurden.

[Professor Porro erklärte dann, wie die französischen Militair-Ingenieure bei der Aufnahme der Umgegend von Lyon verfahren seien, und ging nachher zu dem vom Ingenieur Vanossi angewendeten Verfahren, einer Art Schnellmeßkunst, über, deren Werth er erklärte, deren Schwächen er aber andererseits auch ohne Parteilichkeit erwähnte, indem sie großentheils darin bestehen, daß dieser ausgezeichnete Ingenieur in Ermangelung besonderer Instrumente von den Methoden der Schnellmeßkunst abweichen mußte.

Derselbe sprach sodann von den Südbahnen, um von der Regierung zu rühmen, daß sie dieselben mit größter Thätigkeit betrieben habe, ohne eine ideale Vollkommenheit anzustreben, bemerkte aber zugleich, daß es, ohne den Genuß dieser Bahnen zu verzögern, ja vielleicht sogar mit Beschleunigung desselben, möglich gewesen wäre, viel Besseres zu schaffen und nicht wenige Millionen zu ersparen, wenn die Aufnahmen nach den so überaus raschen, rationellen und zuverlässigen Verfahrungsweisen der Geschwindmeßkunst durchgeführt worden wären.

„Gehen wir nun," fährt Derselbe fort, „zur Betrachtung ziemlich vollkommener und außerordentlich schwieriger Arbeiten über und sehen wir, mit welchem Reichthum an gesammelten Daten, mit welchem Gewinn an Zeit und Geld die Schnellmeßkunst alles dieses geleistet hat," und hierauf erklärt Professor Porro die Aufnahme des Herzogthums Genua bezüglich der Anlage jenes bekannten colossalen Festungs- und Vertheidigungssystemes und legt dann das vollständige Project einer Eisenbahn von Genua an den Po vor, wobei er anführt, mit welchem geringen Kostenaufwande, in wie kurzer Zeit und mit welchem beschränkten Personal diese Pläne so gründlich bearbeitet worden seien. Derselbe zeigt ferner ein Project über eine in sehr schwie-

*) Professor Porro legte die auf Veranstaltung der Provinzialbehörde veröffentlichten Pläne vor und erklärte ihre außerordentliche Wichtigkeit.

nigen Verhältnissen über den kleinen St. Bernhard zu bauende gewöhnliche Straße zwischen Savoyen und dem Aostathale vor und bespricht viele andere Arbeiten ähnlicher Art, welche von Ingenieuren verschiedener Nationen und von ihm selbst im Auslande, sowie von auswärtigen Ingenieuren in Italien selbst nach den Methoden der Schnellmeßkunst mit Beiseitelegung der hergebrachten Ideen der üblichen Pläne und Profile ausgeführt worden seien, Arbeiten, durch welche die Ansichten des Vortragenden auf's Schlagendste und Umfassendste bestätigt werden.]

Zweite Vorlesung.

Die kürzeste Linie aufzufinden, welche zwischen zwei gegebenen Endpunkten innerhalb gewisser Grenzen der Steigungen und Curven, sich so nahe als möglich der Erdoberfläche anschließt, das ist die geometrische Seite der bei großen Communicationsstraßen zu lösenden Aufgabe. Wenn die Oberfläche der betreffenden Gegend durch eine algebraische Gleichung darstellbar wäre, und wenn eine andere Gleichung mit unbestimmten Coefficienten die Bedingungen aussprechen könnte, welchen die aufzufindende Linie, d. h. die Trace der Bahn, genügen muß, so ließe sich dieses Problem auf dem Wege der analytischen Geometrie lösen und würde auf die Aufsuchung der unbestimmten Coefficienten mittelst ebenso vieler Bedingungsgleichungen zurückzuführen sein. Wenn es zum Wenigsten ein zuverlässiges Mittel gäbe, um mit einem Blicke die ganze Oberfläche der betreffenden Gegend zu übersehen, so könnte der Praktiker mittelst mehr oder weniger langwieriger Versuche zu einer annähernd richtigen Lösung gelangen. Dies würde eben der Nutzen von Reliefmodellen sein, wie man sie bei Operationen anderer Art anzufertigen pflegt, im vorliegenden Falle müssen jedoch der Zeit- und Geldaufwand als unübersteigliches Hinderniß gegen die Anwendung derartiger Modelle angesehen werden.

In der vorigen Vorlesung ist die absolute Unzulänglichkeit der gebräuchlichen Methode der Grund- und Profilrisse bei den wichtigen Arbeiten der Neuzeit und bei den in Frage stehenden Interessen des öffentlichen Wohles dargethan worden, und wir haben gesehen, daß die Carnot'sche Methode, welche fast bei allen militärischen Ingenieurcorps in Gebrauch ist, nicht nur an Stelle der Reliefmodelle angewendet werden kann, sondern dieselben sogar bezüglich der graphischen Darstellung der Oberfläche mit Vortheil zu ersetzen vermag; auf diese Methode müssen wir also fußen.

Wir haben noch hinzuzufügen, daß die Carnot'sche Methode noch vervollständigt und gewissermaaßen in allen ihren Theilen bezüglich der Darstellung aller Linien des Projectes und der ebenen oder wenigstens regelmäßigen Flächen des Werkes, also nicht blos der Trace, sondern auch der Richtung, der Größe, der Gefällsverhältnisse aller Abschnitte übereinstimmender gemacht werden kann, wenn darauf diejenigen Lehren angewendet werden, welche in dem von den Neigungsscalen handelnden Theile der descriptiven Geometrie in den militärischen Ingenieurschulen vorgetragen zu werden pflegen.

Die Carnot'sche Methode besteht in der Darstellung des Terrains mittelst Niveaucurven in gleichen Abständen; die Methode der Neigungsscalen ist bei regelmäßigen Flächen nur eine Abkürzung davon, welche darin besteht, daß jede Niveaucurve oder jeder Horizontalschnitt, dessen Gesetz bekannt ist, mittelst eines oder weniger Punkte angegeben wird.

Aber um durch Zeichnung solche Pläne à la Carnot, welche zu gleicher Zeit Grundrisse und Höhenkarten sind und für unsere Zwecke sich außerordentlich eignen, anzufertigen, hat man nicht nur an Ort und Stelle Profile der Länge und der Quere nach aufzunehmen, sondern bedarf auch der numerischen Gleichung der ganzen Oberfläche des Landes, einer Gleichung mit drei Dimensionen, durch welche einzelne Punkte in so großer Menge ausgedrückt werden, daß die Form der Oberfläche bis in die kleinsten Details hinein dadurch gegeben wird, einer Gleichung, welche mittelst leichter Interpolationen so viele Punkte der in gleichen Verticalabständen gelegten Horizontallinien liefert, als man will, und sich graphisch darstellen läßt; ist dies geschehen, so übersieht man so zu sagen stereoskopisch auf einem Blatte das ganze Terrain mit seinen kleinsten Abweichungen.

Diese höchst elegante Darstellung der Erdoberfläche besitzt alle Vorzüge eines körperlichen Modelles, übertrifft dieses aber noch durch die leichtere Durchdringlichkeit (penetrabilità); denn der Blick durchdringt das Bild gewissermaaßen geistig in jedem Sinne, es dringen die Constructionslinien des Geometers darin ein, es fügen sich die Bauobjecte bis zu jeder Tiefe sichtlich ein. Ein solcher Plan dient zur Erleichterung der Erörterungen, zur klareren Auffassung der Verhältnisse besser, als die zahlreichsten Profile, indem die numerischen Coordinaten als unumstößliche und von den Unvollkommenheiten der graphischen Darstellung unabhängige Daten unmittelbar allen Flächen-, Volumen- und sonstigen, bei einem Straßenprojecte vorzunehmenden Rechnungen zu Grunde gelegt werden können, und dadurch die Unvollkommenheiten vermieden werden, welche durch das Abstechen mit Maaßstab und Zirkel bei Aufsuchung der Unterlagen zu diesen Rechnungen herbeigeführt werden; demgemäß können auch derartige Zeichnungen in kleinerem Maaßstabe ausgeführt werden, was den Vortheil gewährt, daß sie übersichtlicher ausfallen.

Eine numerische Gleichung mit drei Dimensionen, gefunden durch hinreichend zahlreiche und dergestalt in den Unebenheiten des Terrains gewählte Punkte, daß zwischen zwei benachbarten Punkten interpolirt werden kann, das ist

eine Unterlage, welche der mit öffentlichen Bauten beauftragte Ingenieur von der Geodäsie verlangen muß, wenn er zu einer gewissenhaften, vollkommenen und unumstößlichen Lösung seiner Aufgabe gelangen will. Hierbei ist wohl zu beachten, daß diese numerische Gleichung nicht nur das geometrische Gesetz, welches die Form der Oberfläche giebt, sondern auch alle Nebendinge der Fläche, darunter vorzüglich die Grenzen der Grundstücken, und die Situation (Culturen, Wege, Canäle u. s. w.) enthalten muß.

Aber ist es denn möglich, eine so vollständige numerische Gleichung zu erhalten und zwar ohne zu großen Aufwand an Zeit und Kosten und mit genügender Genauigkeit? Hierauf müssen wir bemerken, wie schon wiederholt bei andern Punkten geschehen ist, daß die ganze Geodäsie, wenn man sie von einem höheren und allgemeineren Standpunkte aus auffaßt, ebenfalls nur auf ein einziges und sehr einfaches Problem hinausläuft, nämlich auf die Bestimmung der Lage eines Punktes im Raume in Bezug auf drei gegebene Punkte oder Axen. Dieses Problem wird kein anderes, so zahlreich auch und so verschieden die Punkte der Lage nach sein mögen. Ist es denklich, widerspricht es nicht vielmehr dem gesunden Verstande, wenn man behauptet, daß zur Lösung eines in der Praxis so einfachen Problemes so viele unzusammenhängende und in der Beschreibung viele Bände füllende Verfahrungsweisen, so viele verschiedene, in den Glasschränken und Handelskatalogen der Mechaniker paradirende Instrumente erforderlich seien?

Nein wahrlich nicht; es liegt im Gegentheil auf der Hand, daß eine einzige Operation, ein einziges rationelles Instrument zu alledem genügen muß, und daß alle anderen Instrumente Nichts weiter sind, als das Ergebniß mehr oder weniger weit getriebener Verstümmelungen, welche von unwissenden Praktikern, von Mechanikern niederen Ranges ausgegangen sind; es genügt eine einzige rationale, einfache, auf alle möglichen Fälle regelrecht anwendbare Methode — werfen wir aber noch einen flüchtigen Blick auf die Methoden und Instrumente der älteren Geodäsie und sehen wir, ob sie zu dem vorliegenden Zwecke tauglich sind.

Die numerische Gleichung, um die es sich handelt, kann auf Polarcoordinaten oder auf ein orthogonales Coordinatensystem*) bezogen werden, die Einfachheit der beim Studium des Projectes vorzunehmenden Rechnungen, die Klarheit und vor Allem die Leichtigkeit der Prüfung auf dem Wege der einfachen Addition wird vorwiegend die Wahl auf das orthogonale System fallen lassen. Die Wahl der einen Axe kann nicht zweifelhaft sein (es ist die verticale); für die andern beiden Axen kann man sich dem in der Geographie und Topographie eingeführten Gebrauche anschließen und die Meridianlinie nebst ihrer Normallinie bestimmen, oder wie im Cursus der Schnellmeßkunst gelehrt worden ist, die geographischen Breiten, wobei man jedoch die Coordinaten nicht in Graden, wie die geographische Länge und Breite, sondern in Metern angeben wird.

Für die künftige allgemeine Karte von Italien kann es keinem Zweifel unterliegen, daß man als Axe oder cardo maximus, wie die alten Römer sagen, den durch den Mittelpunkt der Kuppel der St. Peterskirche in Rom gehenden Meridian und als Projectionsfläche die Meeresoberfläche zu wählen haben wird, und wenn die Straßen- und Wasserbau-Ingenieure immer dafür Sorge trügen, ihre Operationen auf die trigonometrischen Punkte, die wir in Italien besitzen, zu beziehen und sich dem vorgeschlagenen Axensysteme zu accommodiren, so würden ihre Arbeiten bereits soviel Unterlagen für die auszuarbeitende italienische Generalkarte bilden.

So wie die numerische Gleichung im Vorstehenden definirt ist, führt sie bei den Verfahrungsweisen der älteren Geodäsie auf eine Aufnahme nach Quadraten (squadro agrimensorio), bei welcher die Basis nach der Ostwestlinie zu orientiren ist, um die x und y zu bestimmen, und auf ein Nivellement zur Ermittelung der dritten Coordinate. Der Meßtisch (tavola pretoriana) bleibt, was vielleicht von Vielen bedauert wird, ausgeschlossen, weil nach der numerischen Gleichung gefragt wird und nicht der mühevolle Weg eingeschlagen werden soll, welchen Richot in Lyon befolgt hat. Hätten wir schon längst den Blick auf das Ausland gerichtet, und die am weitesten vorgeschrittenen Länder verfolgt, so würden wir gefunden haben, daß in England der Meßtisch gar nicht angewendet, ja kaum gekannt wird, daß man in Frankreich wenig Gebrauch davon macht, und daß seine Benutzung in Belgien schon längst durch ein Decret verboten ist, wir würden uns nicht zu schämen brauchen, daß wir dem Instrumente von 1576 treu geblieben sind, würden vielmehr schon längst den Gebrauch der Instrumente mit getheilten Kreisen und die Aufnahme nach Coten, die allein zu billigen und zuverlässig ist, angenommen haben und nicht um ein halbes Jahrhundert hinter den Fortschritten der Zeit zurückstehen. Trösten wir uns

*) Die rechtwinkeligen Coordinaten wurden schon in den libris censuariis der alten Römer vor Justinian's Zeit benutzt und es bedienen sich derselben, ohne es zu wissen, alle Feldmesser, welche nach Quadraten arbeiten; ihre regelmäßige Anwendung in der Geodäsie läßt sich aber erst von Domenico Cassini her datiren. Dieser Gebrauch wurde zur Zeit des ersten Kaiserreiches auf alle Arten von Triangulationen, selbst die Detailaufnahmen der Communen ausgedehnt, man hatte aber nicht den Muth, ihn bis zur Feldparcellirung auszudehnen. Die Bergingenieure bedienen sich derselben bei den unterirdischen Aufnahmen mit großem Vortheil, aber bei den unter freiem Himmel ausgeführten Arbeiten ist dies ein Fortschritt, der erst noch gemacht werden muß.

indessen damit, daß auch in Frankreich die neuen Vermessungsmethoden noch nicht allgemeinen Eingang gefunden haben, ob sie gleich seit Jahren in den obern Ingenieur-Bildungsanstalten officiell gelehrt werden, bestreben wir uns aber auch, Frankreich hierin zu übertreffen, indem wir die studirende Jugend angelegentlich auf diesen Weg hinführen.

Die Methode mit rechtwinkeligen Coordinaten, welche so einfach und natürlich erscheint, besitzt tausend praktische Mängel, welche aufzuzählen hier nicht am Orte sein würde; es genüge anzuführen, daß sie eine immense Masse Arbeit in Folge des directen Messens aller Ordinaten x und y mittelst Maaßstäben oder Ketten verursacht, und daß trotzdem die dritte Coordinate z nicht ohne eine neue specielle Operation, nämlich ein wieder mit einem verschiedenen Instrumente vorzunehmendes Nivellement, erhalten wird. Diese Methode ist überdies in hügeligem Terrain fast und in gebirgischem ganz unpraktisch, wird aber schon in Ebenen sehr mühsam, wenn der Boden mit üppiger Vegetation bedeckt ist.

Mit der deutschen oder französischen Boussole mit Höhenkreis oder mit dem englischen Theodoliten erhält man zwei von den Elementen eines gewöhnlichen Coordinatensystemes, nämlich das Azimut und den Zenitabstand, es fehlt aber das dritte Element, der Radius Vector. Man verfällt demnach in die alten Hemmketten der gewöhnlichen Trigonometrie sammt ihren langen Rechnungen; man bedarf gemessener Standlinien, man braucht Triangulationen verschiedener Ordnung, und wenn endlich zur Parzellirung und zu den speciellen Detailaufnahmen geschritten werden soll, welche zur Redaction eines Projectes erforderlich sind, so wird die directe Messung einer großen Menge verschieden durcheinanderlaufender Linien, die Anwendung von den Tausend besonderen Hilfsmitteln erforderlich, in denen die sogenannte Tüchtigkeit des Praktikers besteht.

Und doch hatte schon im Jahre 1769, also beinahe vor Hundert Jahren, William Green in England ein Mittel gefunden, mittelst eines Fernrohres und einer Zielscheibe alle Distanzen aus der Ferne zu messen, ein Mittel, welches, wenn es mit dem Theodoliten verbunden worden wäre, den fehlenden Radius Vector gegeben haben würde. Auch würde die Reducirung der Polarcoordinaten auf orthogonale, in England nicht nothwendigerweise zu trigonometrischen Rechnungen Anlaß gegeben haben, weil daselbst schon viel früher (im J. 1624) von Gunter der logarithmische Rechenschieber entdeckt worden war, durch welchen eigentlich jede Rechnung entbehrlich gemacht wird.

Die Hauptsache der Schnellmeßkunst wäre also schon damals gefunden gewesen, wenn die Combination dieser Hilfsmittel irgend einem Ingenieur eingefallen wäre; es blieb aber dem italienischen Genie vorbehalten, diese Combination zur Ausführung zu bringen, nämlich den Ingenieuren Bagetti und Melano, welche sie zuerst in den Jahren 1815 bis 1820 bei den ihnen anvertrauten Arbeiten der Grenzregulirung zwischen Frankreich und Piemont*) praktisch übten. Sie lehrten dieses Verfahren auch den französischen Mitgliedern der Commission, unter denen sich der Capitain de l'Ostende befand, welcher ein Jahr später zu Paris hierüber eine Abhandlung aufsetzte und einreichte, ohne darin die italienischen Erfinder zu erwähnen.

Hierdurch ist also die Schnellmeßkunst in's Leben eingeführt und sogleich im Großen geprüft worden. Es wurden numerisch Winkel und Distanzen abgelesen, welche sich sogleich graphisch darstellten, was zu dem Zwecke, dem wir dieses Verfahren verdanken, nämlich zu der Anfertigung einer Karte der Grenze genügte, da dieselbe in sehr kleinem Maaßstabe zu zeichnen war und keine besondere Genauigkeit nöthig machte. Aber diese Schnellmeßkunst war noch in ihrem optischen Princip mangelhaft, wie ich im J. 1823 darzuthun hatte, und hätte nicht ohne Weiteres zu genauen Aufnahmen, wie sie behufs großer öffentlicher Arbeiten erforderlich sind, verwendet werden können.

Der Fehler bestand darin, daß die mittelst einer Visirlatte und mittelst Fäden im Brennpunkte eines gewöhnlichen Fernrohres gemessenen Distanzen nothwendig Functionen einer als constant angesehenen Größe sind, welche nach einem ziemlich complicirten Gesetze mit der unbekannten Entfernung variirt und außerdem noch eine Function der verschiedenen Sehkraft des Beobachters ist. Diese beiden zusammentreffenden Ursachen erzeugten eine Ungewißheit, welche sich auf einige Hundertel belaufen und deshalb nicht übersehen werden konnte.

Indem ich nun das Problem von der optischen Seite anfaßte, gelang es mir im J. 1823, eine einfache und praktische Lösung zu finden, welche diese beiden Fehler aufhebt, nämlich eine neue Construction des Fernrohres, welche Prof. Biamonti das stereogonische Fernrohr nannte, und welche jetzt das anallattische heißt. Durch Hinzufügung mehrfacher Oculare wurde die Anwendung eines hinreichend großen diastimometrischen Winkels, verbunden mit hinreichender Vergrößerung, möglich, was das Green'sche Verfahren zur wünschenswerthesten Vollkommenheit gebracht hat, und durch Verbindung eines anallattischen Fernrohres mit einer Art englischen Theodolits entstand das, seitdem wenig in den Dimensionen, gar nicht im Wesentlichen veränderte Instrument, welches seit vielen Jahren überall in der Welt von Ingenieuren benutzt und mit dem Namen: Pantometer, Olometer, olometrischer

*) Viel zeitiger noch als Bagetti und Melano hatte Gatti die Distanzmessung mittelst Mikrometern mit der Meßtischmessung zu verbinden gesucht, was aber so wenig gelang, daß diese Methode durch kaiserliches Decret im J. 1805 bei Steuervermessungen verboten wurde.

Theodolit, Tacheometer u. s. w. bezeichnet wird. Die letzte und vollkommenste Modification dieses Instrumentes ist das sogenannte Cleps (cleps-ciclo, mit verdeckten Kreisen), bei welchem, zum Unterschiede von dem Tacheometer, alle delicateren Theile, Libellen, mikroskopische Kreise u. s. w., in einen Bronzewürfel eingeschlossen und hierdurch gegen jede mögliche Beschädigung verwahrt sind.

Somit sind wir nun im Besitze eines wahrhaft praktischen Instrumentes, welches gleichzeitig genau allen Vorschriften der Theorie entspricht, und durch welches man von einem Stationspunkte aus und durch Aufstellung der Visirlatte an einem andern Punkte unmittelbar mit aller möglichen Genauigkeit die Polarcoordinaten des fraglichen Punktes in Bezug auf drei, durch den Mittelpunkt des Instrumentes gehende Axen erhält; überdies besitzen wir auch noch den Rechenschieber, mittelst dessen ohne eigentliche Rechnung die Polarcoordinaten in orthogonale umgerechnet werden können.*) Alles dieses wird mittelst einer praktischen, einmaligen und allgemeinen Operation erreicht, welche ihrer Leichtigkeit wegen im Fassungsbereiche der ungebildetsten Geometer liegt und mit einer auf keinem andern Wege sonst zu erreichenden Schnelligkeit, sowie mit einer, die höchsten Ansprüche des Ingenieurwesens weit übertreffenden Genauigkeit arbeitet. Dreiundvierzig Jahre der Erfahrung sollten genügen, um diesen Gegenstand vor den Zweifeln der Praktiker und derer, welche theoretische Gründe nicht überzeugen, zu schützen.

Die Methode der Behandlung ergiebt sich, da es sich hier nur um die Aufnahme von Punkten mittelst der Visirlatte handelt, in ihrer eleganten Einfachheit von selbst: wenn das Instrument auf einem Punkte aufgestellt ist, so wird die Visirlatte nach einander auf alle einzuvisirenden Punkte geschickt, welche in dem Nivellementsjournal mit einer Ordnungszahl bezeichnet sind, und dann neben dieselben die mit dem Instrumente beobachteten Polarcoordinaten eingetragen; hierauf berechnet man in aller Bequemlichkeit zu Hause mittelst des Rechenschiebers aus den Beobachtungsdaten die drei rechtwinkeligen Coordinaten x, y und z, welche im Journal in drei besondere Colonnen eingetragen werden, und hiermit ist die gesuchte numerische Gleichung der aufgenommenen Fläche gefunden.

Will man dann zur Zeichnung übergehen, so braucht man weder Maaßstab noch Zirkel, sondern benutzt quadrirtes und am Rande für die x und y numerirtes Papier, welches nach dem beabsichtigten Verkleinerungsmaaßstabe eingerichtet ist. Die Punkte werden nacheinander aufgetragen und dann, nach dem Gebrauch der Ingenieure, daneben in Parenthesen die Werthe der zugehörigen z geschrieben. Durch Interpolation zwischen x und y, wobei bald graphische, bald die numerische Interpolation zwischen den z Werthen der benachbarten Punkte angewendet wird, finden sich die Durchgangspunkte der Horizontalcurven, welche die Hand des Zeichners, unterstützt von der Ortskenntniß, möglichst wahrheitsgetreu zu führen sucht. Die Grenzen der Grundstücke und andere Situationsgegenstände müssen apart mittelst einer an Ort und Stelle gefertigten Handskizze, wie sie bei allen gewöhnlichen Vermessungen gemacht wird, eingetragen werden, indem sie zwischen die genau mittelst Coordinaten bestimmten Punkte eingeschaltet werden.

*) Es sind eigentlich nicht Polarcoordinaten, die man erhält, aber es sind Größen, welche leicht dahin führen und dasselbe Resultat geben (Celerimensura, 4. Auflage.)

Wie man sich zu benehmen habe, um eine genügende, aber doch nicht überflüssige Zahl von Bestimmungspunkten auf dem Terrain aufzunehmen, ist nicht wohl mit Worten anzugeben, sondern Sache der Erfahrung, welche man nach einigen Tagen der Uebung erlangt; es dürfte nur die Regel zu beherzigen sein, daß man gerade so, wie bei der einfachen Planimetrie, wo es sich um die Aufnahme einer krummlinigen Figur mittelst einzelner Punkte handelt, soviel Punkte nehmen muß, als zur Construction der Curve nöthig erscheinen. Hier, wo wir eigentlich mit den drei Dimensionen zu thun haben, werden wir für die unregelmäßige krumme Oberfläche des Terrains eine polyedrische, eingeschriebene oder compensirte Oberfläche substituiren, deren Flächen wo möglich dreieckig und eben sein sollen, und werden die Ecken aufnehmen; wir werden, wie gesagt, unsere Punkte so zu wählen haben, daß zwischen zwei oder drei, eine Fläche des substituirten Polyeders bestimmenden Punkten die Interpolation bequem wird.

Das Verfahren des Aufnehmens mittelst der drei Coordinaten hat man in der Schnellmeßkunst als radiometrisches zu bezeichnen beliebt, weil sich daraus, wenn man will, die Länge des Radius Vector ableiten läßt.

Bei einem gänzlich von einem Punkte aus zu übersehenden Terrain giebt es gewiß nichts Einfacheres, nichts Klareres und Nichts, was nicht blos jedem Ingenieur, sondern jedem der Gehilfen leichter verständlich sein könnte. Bei dem Gegenstande aber, den wir hier behandeln, nämlich bei dem Traciren von Eisenbahnen, giebt es immer eine lange und bisweilen ziemlich breite Zone für die Operationen, wenn man alle möglichen Varianten eines Projectes mit inbegreift, und es giebt ebenso Stationen in großer Zahl; auf eine Zone mit einer mittleren Breite von 300 Metern kann man in schwierigem Terrain 7 Stationen pro Kilometer rechnen. Jede Station für sich betrachtet ist nicht anders zu behandeln, als nach der eben erklärten radiometrischen Verfahrungsweise, man muß aber die Verbindung dieser Stationen unter sich noch in's Auge fassen. Dieser Anschluß ist die einfachste Operation im Felde und geschieht ganz auf die Weise, nach welcher bei der älteren

Geodäsie beim Nivelliren verfahren wird. Man nimmt die Rückwärtsvisur, d. h. man nivellirt von der zweiten Station aus einen schon von der ersten Station aus nivellirten Punkt ein, und so fort für jede folgende Station mit Rücksicht auf irgend eine der rückwärtsliegenden Stationen.

Hierdurch und, wenn man sich auf die Genauigkeit der Magnetnadel des Instrumentes verlassen könnte, erhielte man den Anschluß nach den drei Dimensionen; wir rathen aber Jedem, sich niemals auf die Magnetnadel zu verlassen, und, wenn wir selbst uns derselben bedienen, so geschieht es nur aus Rücksicht auf die Orientirung und bisweilen zur Erlangung des ersten Gliedes in der Reihe von Näherungsmethoden, von welcher gehörigen Ortes in dem Cursus der Schnellmeßkunst die Rede gewesen ist, wir verlassen uns aber niemals allein auf dieselbe.

Aus gleichem Grunde begnügen wir uns nie mit einer einzigen Rückwärtsvisur, nehmen vielmehr stets zwei, d. h. wir visiren von der zweiten Station aus nicht blos einen, sondern zwei Punkte an, welche bereits von der ersten Station aus anvisirt worden sind, und so fort für alle folgenden Aufstellungen, gerade so wie es die englischen Ingenieure beim Nivelliren zu thun pflegen. Man erhält auf diese Weise durch je zwei Stationen alle Elemente eines durch die Anschlußvisuren gebildeten Viereckes nach x, y und z, auch werden zwei bestimmende Elemente doppelt erhalten, so daß nicht blos die Elemente zur effectiven Construction dieses Viereckes im Raume gegeben sind, sondern sich auch überdies der Fehler der Magnetangabe ermitteln und die Probe vornehmen läßt, ob ein Beobachtungsfehler passirt ist. Wenn man dann auf schon bekannte trigonometrisch bestimmte Punkte stößt, an welche angeschlossen ist, so erhält man eine Probe für die Güte der Arbeit, wenn die algebraische Summe der Coordinatenwerthe x, y, z der nacheinander folgenden Ecken des zwischen zwei Punkten befindlichen Polygones innerhalb der zulässigen Grenzen gleich ist der Differenz der Coordinaten X, Y, Z der beiden durch die Triangulation bestimmten Punkte, wenn also:

$$\Sigma x = \varDelta X, \quad \Sigma y = \varDelta Y, \quad \Sigma z = \varDelta Z.$$

Für ein geschlossenes Polygon muß sein:

$$\Sigma x = 0, \qquad \Sigma y = 0, \qquad \Sigma z = 0.$$

Für zwei Polygonseiten mit gemeinsamen Enden müßte sich ergeben:

$$^1\Sigma x = {}^2\Sigma x, \quad ^1\Sigma y = {}^2\Sigma y, \quad ^1\Sigma z = {}^2\Sigma z.$$

Diese Prüfungen werden leicht jeden begangenen Fehler entdecken lassen. Werden schlüßlich die bei diesen Prüfungen sich ergebenden Fehler nach der Methode der kleinsten Quadrate compensirt, so vermindert sich im Verhältniß der Quadratwurzeln aus der Zahl der Seiten die zuletzt bezüglich der Lage eines Zwischenpunktes noch übrig bleibende Ungewißheit und es wird ein Grad von Präcision erreicht, wie er bei der älteren Geodäsie unbekannt und unerreichbar war.

Als ein sehr werthvoller Vorzug der Methode ist hervorzuheben, daß man niemals Gefahr läuft, einen eigentlichen Localfehler mit der algebraischen Summe der kleinen unvermeidlichen Beobachtungsfehler zu verwechseln; derartige Fehler verrathen sich, wenn sie vorgekommen sein sollten, unfehlbar selbst und lassen sich an der bezüglichen Stelle verbessern.

Wenn bei der Vermessung Punkte angetroffen werden, welche für die Visirlatten unzugänglich sind, oder als solche behandelt werden müssen, aber von zwei beliebigen Stationen aus sichtbar sind, so lassen sich die Ordinaten x, y, z dieser Punkte als Function der Coordinaten der beiden Stationspunkte und der an den beiden Kreisen des Instrumentes abzulesenden Winkel, Azimut und Apozenit der fraglichen Punkte, bestimmen, und hierin besteht das Verfahren, welches ich das radiotomische (franz. recoupement) nenne. Bisweilen sieht man in Gebirgsgegenden sehr deutlich Terrainlinien, wie Flurgrenzen, Fußsteige, Dämme u. dergl., deren Position sich radiotomisch bestimmen ließe, wenn längs dieser Linien numerirte und deutlich sichtbare Piquets aufgestellt werden könnten, aber bei der Schnellmeßkunst muß man Zeit und Geld sparen und, wo es möglich ist, vom Gebrauch aller Signale und Pfähle absehen. Trotzdem ist es möglich, derartige Linien durch soviel Punkte als man will, also ihre numerische Gleichung zu bestimmen. Man stelle sich z. B. vor, daß von der Station A aus Azimut und Poldistanz einer größeren Zahl Punkte beobachtet worden sei, welche so gewählt sind, daß man bezüglich der in der Perspective erscheinenden Curve interpoliren kann, so ist dadurch die ganze conoidische Fläche bestimmt, für welche die unbekannte Curve die Leitlinie und die Spitze der Mittelpunkt des Instrumentes ist. Denken wir uns nun eine ähnliche conoidische Fläche von einer andern Station B aus aufgenommen, so ist einleuchtend, daß der Durchschnitt der zwei Conoide so viel Punkte der fraglichen Curve, als man will, nach x, y und z zu bestimmen gestattet. Es sind in der Schnellmeßkunst Formeln angegeben, welche dieses Resultat auf einfache Weise mit Hilfe des logarithmischen Rechenschiebers finden lassen. Hierin besteht das dritte Verfahren der Schnellmeßkunst, welches ich das conoidische nenne und dessen charakteristische Eigenschaft darin besteht, daß nicht ein- und dieselben Punkte von beiden Stationen anvisirt zu werden brauchen.

Die sphärische Photographie, auf welche wir hier nur mit einem Worte zurückkommen wollen, giebt in großem Ueberfluß und mit unsagbarer Ersparniß an Zeit alle Elemente zur conoidischen Aufnahmsmethode.

Im Cursus der Schnellmeßkunst ist gezeigt worden,

wie sich bei Anwendung der conoidischen Aufnahme die Gleichung einer Tangente an die eine der noch nicht gezogenen Horizontalcurven, sowie die Gleichungen beliebig vieler derartiger Tangenten finden ließen, und wie man sich derselben zum Verzeichnen der Curve selbst bedienen könne, ein vortreffliches Mittel, um die Arbeit schnell und gut zu verrichten.

Die Schnellmeßkunst begreift nicht nur die Aufnahmen, welche bei den gewöhnlichen Arbeiten des Ingenieurs, bei Feldmesser- und topographischen Arbeiten vorkommen, sondern sie umfaßt auch große Ländervermessungen, wie sie zu Karten ganzer Landstriche gebraucht werden; sie bedient sich zu diesem Zwecke besonderer Instrumente, welche genauer und doch bequemer als diejenigen der älteren höheren Geodäsie sind, doch ist jetzt nicht Zeit und Ort, auf diese unserm Zwecke, nämlich der Vorbereitung zu praktischen Uebungen, fremdartigen Gegenstände einzugehen.

Die Schnellmeßkunst eignet sich durchaus nicht nur zur Tracirung und Absteckung von Tunnels, wie sie auf den großen Verkehrsstraßen vorkommen, sondern auch zu unterirdischen Aufnahmen in Gruben. Man bedient sich dieser Methoden schon seit vielen Jahren in dem Bergwerksdistricte des Loire-Departements bei St. Étienne, und zwar war es der Oberingenieur du Souich, welcher dieselbe zuerst anwendete und ihre Vorzüge vor dem vollkommensten, bis dahin bekannten Verfahren, demjenigen des General-Inspectors des Bergwesens Combes, hervorhob.

Auch die Baukunst wird bei der Aufnahme und dem Abstecken großer Gebäude viel an Zeit und Genauigkeit gewinnen, wenn sie den Entschluß fassen sollte, sich dabei der Schnellmeßkunst zu bedienen und einige Tage der Erlernung dieser Methoden zu widmen.

Jedes von den so verschiedenen Instrumenten der älteren Geodäsie besteht, wenn es vollkommen ist, aus zwei getheilten Kreisen, einem horizontalen und einem verticalen, aus einem Fernrohr und einer Libelle, mitunter auch einer Boussole; sie sind aber unter dem Vorwande der Vereinfachung verstümmelt worden, woraus die andern Instrumente entstanden sind. Das Tacheometer oder Cleps unterscheidet sich nicht wesentlich von einem englischen Theodoliten mit Boussole oder, wenn man will, von den modernen Boussolen mit Höhenkreis, welche ebenfalls in ihrer Art vollkommene Instrumente sind, bis auf die Hinzufügung des Green'schen Mikrometers beim Fernrohre, welches übriges ein anallattisches und sehr weittragendes sein muß.

Was demnach am Instrumente hauptsächlich und vielleicht einzig noch einer näheren Beschreibung bedarf, ist die Vorrichtung zum Distanzmessen, denn die Kreise und ihr Gebrauch sind hinreichend in den Vorlesungen erläutert worden. Beginnen wir mit der Visirlatte. Dieselbe ist in Theile μ von vier Centimeter Länge und mit der Bezeichnung 0, 1, 2 bis 100 versehen eingetheilt (ich übergehe die Motive und exponire blos die Facta); diese Theile μ sind wieder in Zehntel getheilt, sodaß eine solche Latte bis zu 100 Meter Distanz lesbar ist, wo man noch die Unterabtheilungen mit Sicherheit bis auf 0,01 μ schätzen kann. Will man Entfernungen bis zu 200 Meter nehmen, so überspringt man die ungeraden Zehntel, theilt also die Einheit μ blos in fünf Theile, und für diesen Fall sind die Striche und die Ziffern dicker, Letztere auch näher nebeneinander (von fünf zu fünf μ). Um die Distanzen noch größer, bis zu fünfhundert und sogar Tausend Metern nehmen zu können, benutzt man eine dritte Theilung, bei welcher die Theile μ nur in zwei Unterabtheilungen zerfallen. Die normale Latte ist 4 Meter $= 100\,\mu$ lang und mit drei Seiten für die drei Theilungen versehen.

Wir kommen nun zum Fernrohre. Bei den gewöhnlichen geodätischen Instrumenten giebt es ein Fadenkreuz aus Spinnfäden, welches einen Punkt im Felde fixirt, nämlich den Ort, wo sich mittelst des Objectives ein deutliches Luftbild des Objectes, auf welches das Rohr gerichtet ist, darstellt. Ohne weiter untersuchen zu wollen, wie sich die Lichtwellen und demgemäß die Visirstrahlen im Fernrohr verhalten, wollen wir annehmen, daß in der That ein Fadenkreuz einen geradlinigen Visirstrahl bestimme, welcher vom Centrum des Instrumentes nach der Visirtafel geht, und wenn wir mit einem verticalen Faden zwei oder mehr horizontale Fäden combiniren, so werden wir zwei oder mehr Visirstrahlen erhalten, welche in derselben Verticalebene liegen und sich im Mittelpunkte des Instrumentes begegnen. Beim Cleps giebt es drei verschiedene Systeme von Fäden, welche durch ihre Stellung den in der Schnellmeßkunst gelehrten Formeln entsprechen, so daß sich nach Ablesung der Größen a, b, ϑ, φ zwischen diesen Größen die von den Formeln selbstgegebenen Beziehungen finden, welche direct auf x, y, z führen. Wir schrieben überdies vor, daß alle Beobachtungen so gemacht werden sollten, daß sie die Gegenprobe in sich trügen. Aus diesem Grunde hauptsächlich sind die Fäden des Fadenkreuzes sämmtlich doppelt genommen, damit die Größen a, b mittelst doppelter und mitunter vierfacher Ablesung erhalten werden, wie sich in der Praxis selbst am besten zeigen lassen wird. Die geometrischen Bedingungen dieser Dispositionen bewirken, daß für jede Ablesung einfache und bestimmte Beziehungen zwischen den Theilen derselben existiren, und diese Beziehungen liefern die Probe für die Ablesung an der Latte.

Die Kreise besitzen keine Nonien, das Ablesen erfolgt vielmehr mittelst Mikroskopen mit Fäden und zwar doppelt, sodaß also auch hier eine Gegenprobe vorhanden ist; man schätzt für gewöhnlich die Hundertel eines Grades und im Falle der Richtung auf entfernte trigonometrische Punkte

können mittelst eines gewissen Kunstgriffes sogar die Tausendtel geschätzt werden.

Die Orientirung der Nulllinie am Horizontalkreise wird mittelst eines Magneten bewirkt, welcher wie beim Gauß'schen Apparate mittelst Reflexion beobachtet wird. Derselbe ist im Innern der Basis des Instrumentes aufgehangen und wird mittelst eines an dieser Basis angebrachten Fernröhrchens beobachtet, welches noch Hundertel des Grades erkennen läßt.

Man stellt das Instrument annähernd horizontal mittelst grober, aber schnell wirkender Vorrichtungen am Stativ und verbessert die genaue Horizontalstellung mittelst zweier an der Basis desselben angebrachter Schrauben; zu diesem Einstellen dienen zwei Dosenlibellen, eine mit kurzem, die andere mit langem Krümmungsradius. Das Instrument ist am Stativ stabil befestigt und läßt sich so von einer Station zur andern transportiren; dann läßt sich das Stativ zusammenlegen und bildet nunmehr das Gehäuse des Instrumentes, welches der größeren Sicherheit und des bequemeren Transportes halber noch in eine große Kapsel von starker Leinwand geschoben wird.

Die beiden Instrumente, deren wir uns bei der nächsten Uebung bedienen werden, sind nicht nach dem letzten und vollkommensten Modell gefertigt, weichen indessen in den hauptsächlichsten Punkten nicht davon ab, indem sie nur nicht ebenso starke Fernröhre und nicht einen ebenso accuraten und stabilen Bau besitzen; bei dem Einen davon ist der Horizontalkreis zum Umklappen eingerichtet (rotto), aber es ist provisorisch ein Hilfs-Mikroskop angebracht, um ihn dienbar zu machen.

Aus diesem Grunde und, da es sich um die erste Uebungsarbeit von ungeübten Anfängern handelt, wird hier ein Fehler von $^1/_2$ Procent, d. i. halb so groß, als beim gewöhnlichen Feldmessen, aber fünfmal so groß, als beim Arbeiten mit dem Cleps von geübten Geodäten als zulässig erachtet wird, nachgesehen werden.

Die Uebung wird die Lösung folgender Aufgaben umfassen:

1. Project einer Fahrstraße am südlichen Abhange des Gebirges von Baradello zwischen dem Orte Camerlata und dem Schlosse,

2. Project eines Tunnels von dem Ende der Eisenbahn zu Camerlata nach dem St. Roccoplatze zu Como, welcher geradlinig durch den Berg Baradello hindurchzutreiben ist.

Die ganze Arbeit ist in drei Tagen auszuführen und zwar auf die in dieser und der vorigen Vorlesung entwickelte Weise.

In der nächsten Nummer wird das Resultat dieser kurzen Uebungsarbeit bekannt gegeben werden.

Ueber die willkürliche Bewegung von Luftschiffen.

Von

Dr. Eduard Klassohn in Kiew.

(Hierzu Figuren auf Tafel 28.)

I. Die Wirkung der rotirenden Archimedischen Schraube gegen die Luft.

A. Theoretische Erläuterung.

Wenn gegen eine ebene Fläche (ab, Fig. 1) ein Luftstrom in der Richtung cd bewegt wird, so übt die Luft auf diese Fläche einen Druck aus, der die Fläche in schiefer Richtung, etwa nach dr, zu bewegen strebt. Die Richtung und die Größe dieses Druckes kann man als die resultirende Wirkung zweier Seitenkräfte betrachten, von denen die eine, die parallele Kraft, in der ursprünglichen Richtung (cdp) des Luftstromes wirkt, während die zweite, die laterale Kraft, in der Richtung dl wirkt, also mit der ersteren einen rechten Winkel bildet.

In derselben Weise kann man den schiefen Stoß, den eine unter schiefem Winkel bewegte Fläche gegen die ruhende Luft ausübt, in zwei Seitenkräfte: die parallele und die laterale Kraft, zerlegen; wenn die Fläche ab, Fig. 2, von D nach P hin bewegt wird, so müßte sie sich durch die Rückwirkung der Luft gleichzeitig in der Richtung DL bewegen; es wird daher ihre Bewegung in einer mittleren Richtung, der resultirenden, stattfinden.

Wenn die Linie DP, Fig. 2, einen Kreis bildet, so ist die resultirende DR eine Spirale, deren Peripherie

der parallelen Kraft DP, und deren Steigung für eine jede Windung der lateralen Kraft DL gleich ist. Hierauf beruht die Anwendbarkeit der Archimedischen Schraube zur Ortsbewegung im Wasser; daß dasselbe bei ihrer Rotation in der Luft stattfindet, beweisen folgende, von mir ausgeführte Versuche.

B. Praktische Versuche.

Dieselben hatten zum Zwecke, zu bestimmen, wie groß der laterale Druck*) einer Archimedischen Schraube im Verhältnisse zu der Arbeitskraft, welche die Rotation besorgt, ist und inwiefern dieses Verhältniß durch den Neigungswinkel der Schraubenfläche, durch die Geschwindigkeit der Bewegung und den Durchmesser der Schraube geändert wird (Fig. 3).

Zu diesen Versuchen benutzte ich eine Archimedische Schraube, an der die Fläche, welche gegen die Luft stößt (zwei Blechplatten B) nach Belieben von der Axe entfernt werden konnten; desgleichen konnte man den Winkel, unter dem die Fläche gegen die Luft stößt, ändern. Die Axe AA′ der Schraube ruht auf Rollen C und kann daher während der Rotation mit Leichtigkeit in ihrer Längenrichtung hin bewegt werden. Wenn die Axe auf den Rollen vorrückt, so stößt ihr vorderes Ende gegen einen Hebel D, der auf eine Federwaage E wirkt, hierdurch wird die Kraft, mit welcher die Schraube, in Folge des lateralen Druckes der beiden Platten gegen die Luft, vorrückt, gemessen und kann mit der Arbeitskraft, welche die Rotation der Schraube besorgt, verglichen werden. Als bewegende Arbeitskraft dienten Gewichte, die an einer, um die Axe der Archimedischen Schraube gewickelten Schnur F hängen. Folgende Tabelle enthält die, mit diesem Apparate ausgeführten Versuche.

Tabelle 1.

Nr. des Versuches.	Neigungswinkel der Fläche gegen die Rotationsebene.	Fallhöhe des Gewichtes bei jedem Versuche.	Länge des Kraftarmes. [1]	Größe des angewandten Gewichtes. [2]	Größe der Axenreibung. [3]	Größe des bewegenden Gewichtes nach Abzug des Reibungswiderstandes.	Mittlere Länge des Plattenradius (p, Fig. 3). [4]	Mittlere Geschwind. der Bewegung der Platten. (Fuß in einer Secunde.)	Endgeschwindigkeit. [5] (Fuß in einer Secunde.)	Zahl der Rotationen bei jedem Versuche.	Dauer des Versuches. [6]	Größe des gefundenen lateralen Druckes. [7]
		Zoll.	Fuß.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Fuß.				Secunden.	Pfund.
1	0°	41,4	0,0477	4	0,644	3,336	3,071	10,5	?	11,5	21	0
2	„	39,6	„	8	0,959	7,141	„	15,1	„	11,0	14	„
3	„	„	„	12	1,255	10,745	„	21,2	„	„	10	„
4	5°	„	„	8	0,959	7,141	„	13,2	„	„	16	„
5	„	„	„	12	1,255	10,745	„	21,2	„	„	10	„
6	„	„	„	16	1,55	14,45	„	?	„	„	9?	„

*) Der laterale Druck, oder die Zugkraft der Schraube, ist die Kraft, mit welcher die rotirende Schraube in der Richtung ihrer Axe bewegt wird, entsprechend DL, Fig. 2.

Bemerkungen zu Tabelle 1.

1) Als Längenmaaß diente preußisches Maaß (Fuß und Zoll).

2) Für ganze Pfunde benutzte ich russisches Civilgewicht; für Bruchtheile von Pfunden: Nürnberger Medicinalgewicht, 14 Unzen = 1 Pfd. russisch. Bei den unten folgenden Berechnungen ist Alles nach englischem Maaße und Gewichte umgerechnet, siehe Tabelle 2, 3, 4 2c.

3) Die Größe der Axenreibung (R) rechnete ich =

$$R = C \times D \times \frac{A}{K}.$$

Der Reibungscoefficient (C) von Eisen (der Axe des Apparates) auf Messing (den Rollen) ist nach Coulomb's Versuchen = 0,263. Der Axendruck (D) ist = 5 Pfd. (dem Gewichte des Apparates) + dem zur Rotation benutzten Gewichte (s. Tabelle 1).) Der halbe Durchmesser der Axe (A) ist bei allen Versuchen = 0,01876 Fuß. Die Länge des Kraftarmes K ist in der Tabelle angegeben, sie ist = 0,01876 oder 0,0477 Fuß.

4) Die mittlere Entfernung der Flächen (der beiden Platten) von der Axe des Apparates bestimmte ich in folgender Weise: Die Länge der beiden Platten beträgt 14,14 Zoll; dieselbe theilte ich in 8 gleiche Theile, berechnete für einen jeden Theil die Entfernung des Weges während einer Umdrehung des Apparates, erhob diese Zahlen in's Quadrat, theilte deren Summe in 8 gleiche Theile und nahm die Quadratwurzel dieses Quotienten als die mittlere Wegeslänge der Platten (während einer Umdrehung des Apparates) und als die Peripherie der mittleren Länge des Plattenradius an. Diesem entsprechend berechnete ich auch die Geschwindigkeit der Bewegung der Platten bei einem jeden Versuche, weil der Widerstand der Luft proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit ist und die einzelnen Theile der Platten, je nach ihrer Entfernung von der Axe, eine ungleiche Geschwindigkeit gaben.

5) Die Endgeschwindigkeit der Bewegung konnte nur bei den Versuchen bestimmt werden, wo ceteris paribus die Gesammtdauer des Versuches für eine verschiedene Zahl von Rotationen (s. Tabelle 1, Nr. 47—67) ermittelt wurde. Es ist hierbei zu beachten, daß diese durch zwei Beobachtungen bestimmte Zeitdauer die Fehler beider Beobachtungen vereint.

6) Die Zeitdauer eines jeden Versuches wurde durch einfache Beobachtung nach einer Secundenuhr bestimmt. Möglicherweise können hierbei Fehler von 1/6 Secunde gemacht sein.

7) Der laterale Druck ist hierbei in allen Versuchen kleiner gefunden, als er in der Wirklichkeit ist; denn um auf den Hebel zu

Nr. des Versuches.	Neigungswinkel der Fläche gegen die Rotationsebene.	Fallhöhe des Gewichtes bei jedem Versuche.	Länge des Kraftarmes.	Größe des angewandten Gewichtes.	Größe der Axenreibung.	Größe des bewegenden Gewichtes nach Abzug des Reibungswiderstandes.	Mittlere Länge des Plattenradius (p, Fig. 3).	Mittlere Geschwind. der Bewegung der Platten.	Endgeschwindigkeit.	Zahl der Rotationen bei jedem Versuche.	Dauer des Versuches.	Größe des gefundenen lateralen Druckes.
								Fuß in einer Secunde.				
		Zoll.	Fuß.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Fuß.				Secunden.	Pfund.
7	10°	39,6	0,0477	16	1,55	14,45	3,071	14,1	?	11,0	15	0,017
8	„	„	„	20	1,845	18,155	„	24,1	„	„	8,75	0,026
9	„	„	„	12	1,255	10,745	2,333	23,0	„	„	6	Nicht gemessen.
10	„	„	„	16	1,55	14,45	„	26,8	„	„	6	
11	„	„	„	20	1,845	18,155	„	29,3	„	„	5,5	
12	„	„	„	24	2,14	21,86	„	32,2	„	„	5	
13	„	„	„	28	2,435	25,565	„	33,9	„	„	4,75	
14	15°	„	„	8	0,959	7,141	3,071	12,2	„	„	17,25	
15	„	„	„	12	1,255	10,745	„	16,3	„	„	13	
16	„	„	„	16	1,55	14,45	„	19,2	„	„	11	
17	„	„	„	20	1,845	18,155	„	21,2	„	„	10	0,357
18	„	„	„	24	2,14	21,86	„	24,9	„	„	8,5	?
19	„	„	„	28	2,435	25,565	„	26,4	„	„	8	0,642
20	„	„	„	30	2,538	27,417	„	29,1	„	„	7,25	0,785
21	16°	„	„	8	0,959	7,141	„	13,2	„	„	16	0,071
22	„	„	„	12	1,255	10,745	„	16,2	„	„	13,25	0,321
23	„	„	„	16	1,55	14,45	„	19,2	„	„	11	„
24	„	„	„	20	1,845	18,155	„	19,2	„	„	„	0,678
25	„	„	„	24	2,14	21,86	„	21,2	„	„	10	0,928
26	16—17°	„	„	27	2,362	24,638	„	23,5	„	„	9	1,213
27	16°	„	„	28	2,435	25,565	„	23,5	„	„	„	0,785
28	„	„	„	30	2,538	27,417	„	26,4	„	„	8	0,928
29	17°	„	„	8	0,959	7,141	„	12,4	„	„	17	0,107
30	„	„	„	12	1,255	10,745	„	15,1	„	„	14	0,321
31	„	„	„	16	1,55	14,45	„	17,6	„	„	12	„
32	„	„	„	20	1,845	18,155	„	19,2	„	„	11	0,714
33	„	„	„	24	2,14	21,86	„	21,2	„	„	10	0,642
34	„	„	„	26	2,288	23,712	„	22,3	„	„	9,5	1,071
35	„	„	„	28	2,435	25,565	„	26,5	„	„	8	0,892
36	„	„	„	30	2,583	27,491	„	23,5	„	„	9	„
37	18°	„	„	8	0,959	7,141	„	11,1	„	„	19	0,571
38	„	„	„	10	1,107	8,893	„	13,2	„	„	16	0,714
39	„	„	„	14	1,402	12,598	„	14,1	„	„	14	0,857
40	„	„	„	16	1,55	14,45	„	16,3	„	„	13	0,892
41	„	„	„	20	1,845	28,155	„	18,7	„	„	11,5	0,964
42	„	„	„	22	1,993	20,007	„	19,2	„	„	11	1,035
43	„	„	„	24	2,14	21,86	„	19,2	„	11	11	1,107
44	„	„	„	25	2,214	22,785	„	„	„	„	11	1,125

drücken, mußte die Axe des Apparates auf den Rollen vorrücken und hierbei eine Reibung überwinden. Die von mir benutzten Rollen waren nicht sehr genau gearbeitet und daher dieser Verlust nicht gering. Wenn die Plattenfläche parallel der Axe des Apparates stand, so war bei einer Belastung von 30 Pfund eine Zugkraft von 6—9 Unzen,

„ 24 „ „ „ „ 4—7 „

von 16 Pfund eine Zugkraft von 2—4 Unzen,

„ 8 „ „ „ „ 1—2 „

erforderlich, um die Axen auf den Rollen gegen den Hebel vorzuschieben. Dieser Verlust ist in der Tabelle 1 nicht aufgenommen und in den folgenden Berechnungen nicht berücksichtigt worden; dieselben enthalten daher nur das Minimum des möglichen Nutzeffectes.

Nr. des Versuches.	Neigungswinkel der Fläche gegen die Rotationsebene.	Fallhöhe des Gewichtes bei jedem Versuche.	Länge des Kraftarmes.	Größe des angewandten Gewichtes.	Größe der Axenreibung.	Größe des bewegenden Gewichtes nach Abzug des Reibungswiderstandes.	Mittlere Länge des Plattenradius (p. Fig. 3).	Mittlere Geschwind. der Bewegung der Platten.	Endgeschwindigkeit.	Zahl der Rotationen bei jedem Versuche.	Dauer des Versuches.	Größe des gefundenen lateralen Druckes.
								Fuß in einer Secunde.				
		Zoll.	Fuß.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Fuß.				Secunden.	Pfund.
45	18°	39,6	0,0477	27	2,288	23,712	3,071	21,2	?	11	10	1,107
46	"	"	"	30	2,583	27,417	"	23,5	"	"	9	"
47	"	"	"	8	0,959	7,141	"	11,1	12,8	"	19	0,678
48	"	36	"	"	"	"	"	10,1	?	10	17,5	0,660
49	"	39,6	0,01876	"	3,419	4,581	"	7,1	7,7	28	76	0,2714
50	"	36,7	"	"	"	"	"	7,0	?	26	71	0,2714
51	"	39,6	0,0477	16	1,55	14,45	"	16,3	19,2	11	13	0,910
52	"	36	"	"	"	"	"	16,0	"	10	12	0,821
53	"	32,4	"	"	"	"	"	15,7	?	9	11	0,785
54	"	39,6	0,01876	16	5,523	10,477	"	10,5	12,8	28	51	0,589
55	"	36,7	"	"	"	"	"	10,4	?	26	48	0,535
56	"	33,9	"	"	"	"	"	10,5	"	24	"	0,5
57	"	39,6	0,0477	24	2,14	21,86	"	19,2	19,2	11	11	1,035
58	"	36	"	"	"	"	"	"	"	10	10	"
59	"	32,4	"	"	"	"	"	"	"	9	9	0,964
60	"	39,6	0,01876	24	7,627	16,373	"	12,4	"	28	43,5	0,857
61	"	36,7	"	"	"	"	"	12,0	12,85	26	41,5	0,75
62	"	33,9	"	"	"	"	"	12,9	"	24	38,5	"
63	"	39,6	0,0474	30	2,583	27,417	"	21,7	38,5	11	9,75	1,357
64	"	36	"	"	"	"	"	20,8	"	10	9,25	1,142
65	"	32,4	"	"	"	"	"	20,4	?	9	8,5	1,071
66	"	39,6	0,01876	30	9,205	20,795	"	14,0	19,2	28	38,25	0,964
67	"	36,7	"	"	"	"	"	13,8	14,0	26	36,25	0,839
68	"	33,9	"	"	"	"	"	"	?	24	33,5	0,75
69	"	39,6	"	35	"	"	"	13,4	"	28	40	0,428
70	"	"	"	40	"	"	"	12,2	"	28	44	0,5
71	"	"	0,0477	8	0,959	7,141	2,0	12,9	"	11	10,75	"
72	"	"	0,01876	"	3,419	4,581	"	8,7	"	28	40	0,271
73	"	"	"	16	5,523	10,477	"	13,0	"	28	27	0,714
74	"	"	0,0477	16	1,55	14,45	"	19,7	"	11	7	0,964
75	"	"	"	24	2,14	21,86	"	21,2	"	"	6,5	1,285
76	"	"	0,01876	24	7,627	16,373	"	15,9	"	28	22	0,821
77	19°	"	0,0477	20	1,845	18,155	3,071	19,2	"	11	11	0,642
78	"	"	"	24	2,14	21,86	"	21,2	"	"	10	1,0
79	"	"	"	28	2,435	25,565	"	"	"	"	10	1,035
80	20°	"	"	8	0,959	7,141	"	11,1	"	"	19	0,107
81	"	"	"	12	1,255	10,745	"	14,1	"	"	15	0,124
82	"	"	"	16	1,55	14,45	"	"	"	"	15	0,785
83	"	"	"	20	1,845	18,155	"	17,6	"	"	12	0,982
84	"	"	"	24	2,14	21,86	"	18,4	"	"	11,5	0,857
85	"	"	"	26	2,288	23,712	"	19,2	"	"	11	"
86	"	"	"	28	2,435	25,565	"	20,5	"	"	10,5	1,0
87	"	"	"	29	2,509	26,491	"	21,2	"	"	10	1,071

Nr. des Versuches.	Neigungswinkel der Fläche gegen die Rotationsebene.	Fallhöhe des Gewichtes bei jedem Versuche.	Länge des Kraftarmes.	Größe des angewandten Gewichtes.	Größe der Axenreibung.	Größe des bewegenden Gewichtes nach Abzug des Reibungswiderstandes.	Mittlere Länge des Plattenradius (p. Fig. 3).	Mittlere Geschwind. der Bewegung der Platten.	Endgeschwindigkeit.	Zahl der Rotationen bei jedem Versuche.	Dauer des Versuches.	Größe des gefundenen lateralen Druckes.
								Fuß in einer Secunde.				
		Zoll.	Fuß.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Fuß.				Secunden.	Pfund.
88	20°	39,6	0,0477	30	2,583	27,417	3,071	21,2	?	11	10	1,071
89	21°	″	″	20	1,845	18,155	″	17,7	″	″	12	0,5
90	″	″	″	24	2,14	21,86	″	21,2	″	″	10	0,571
91	″	″	″	26	2,288	23,712	″	19,2	″	″	11	0,678
92	″	″	″	28	2,435	25,565	″	″	″	″	11	″
93	″	″	″	30	2,583	27,417	″	21,2	″	″	10	0,642
94	22°	″	″	8	0,959	7,141	″	10,6	″	″	20	0,107
95	″	″	″	12	1,255	10,745	″	12,4	″	″	17	0,357
96	″	″	″	16	1,55	14,45	″	16,3	″	″	13	0,25
97	″	″	″	20	1,845	18,155	″	16,6	″	″	12,75	0,357
98	″	″	″	24	2,14	21,86	″	18,0	″	″	11,75	″
99	″	″	″	28	2,435	25,565	″	19,2	″	″	11	0,5
100	″	″	″	30	2,583	27,417	″	21,2	″	″	10	0,75
101	25°	″	″	8	0,959	7,141	″	9,6	″	11,5	23	0,107
102	″	″	″	12	1,255	10,745	″	12,3	″	″	18	″
103	″	″	″	16	1,55	14,45	″	13,8	″	″	16	0,178
104	″	″	″	20	1,845	18,155	″	15,8	″	″	14	?
105	″	41,4	″	24	2,14	21,86	″	16,3	″	″	13	″
106	″	39,6	″	28	2,435	25,565	″	19,2	″	11	11	0,321
107	″	″	″	30	2,583	27,417	″	″	″	″	11	0,410
108	30°	″	″	8	0,959	7,141	″	9,2	″	″	23	?
109	″	″	″	12	1,255	10,745	″	11,9	″	″	17,75	″
110	″	″	″	16	1,55	14,45	″	12,4	″	″	17	0,25
111	″	″	″	20	1,845	18,155	″	14,1	″	″	15	?
112	″	″	″	24	2,14	21,86	″	″	″	″	15	″
113	″	″	″	28	2,435	25,565	″	16,3	″	″	13	″
114	″	″	″	30	2,583	27,417	″	″	″	″	13	″
115	35°	″	″	8	0,959	7,141	″	7,4	″	″	27	″
116	″	″	″	16	1,55	14,45	″	10,6	″	″	20	0,071
117	″	″	″	24	2,14	21,86	″	16,0	″	″	13,25	?
118	″	″	″	30	2,583	27,417	″	16,3	″	″	13	″
119	40°	″	″	8	0,959	7,141	″	6,4	″	″	31	″
120	″	″	″	16	1,55	14,45	″	9,1	″	″	22	″
121	″	″	″	24	2,14	21,86	″	12,1	″	″	17,5	″
122	″	″	″	30	2,580	27,417	″	14,1	″	″	15	″
123	45°	″	″	8	0,959	7,141	″	5,9	″	″	34	″
124	″	″	″	16	1,55	14,45	″	8,6	″	″	24,5	″
125	″	″	″	24	2,14	21,86	″	12,4	″	″	17	″
126	″	″	″	30	2,583	27,417	″	13,2	″	″	16	″
127	60°	″	″	30	″	″	″	10,6	″	″	20	″
128	70°	″	″	30	″	″	″	9,82	″	″	21,5	″
129	80°	″	″	30	″	″	″	9,2	″	″	23	″
130	90°	″	″	30	″	″	″	8,8	″	″	24	″

Eine nähere Vergleichung dieser Versuche untereinander, sowie eine Berechnung über das relative Verhältniß des lateralen Druckes zur Arbeitskraft für einen jeden Neigungswinkel und für eine jede Geschwindigkeit der Bewegung wird in einer besonderen Abhandlung folgen; hier bemerke ich, daß eine größere Uebereinstimmung der Versuche untereinander bei aller Sorgfalt nicht zu erreichen war, weil der Apparat nicht hinreichend genau gearbeitet war, und weil nicht bei allen Versuchen das Maximum der möglichen Rotationsgeschwindigkeit erreicht wurde; durch diese Umstände mußte der Verbrauch an bewegender Kraft größer gefunden werden, als er für die betreffende Rotationsgeschwindigkeit und für den gefundenen lateralen Druck in der Wirklichkeit ist; dennoch halte ich diese Versuche für den Zweck der vorliegenden Arbeit für genügend, weil aus jedem derselben mit Sicherheit berechnet werden kann, wie groß das Minimum des möglichen Nutzeffectes einer Archimedischen Schraube bei gegebener Arbeitskraft ist, inwiefern das relative Verhältniß des Nutzeffectes zu der Arbeitskraft durch die Größe des Neigungswinkels geändert wird, und welchen Einfluß die diametrale Ausdehnung der Schraube, sowie die Geschwindigkeit ihrer Bewegung auf ihre Wirkung hat, — mithin enthalten diese Versuche alle Data, um die Wirkung einer jeden Archimedischen Schraube von beliebiger Form und Größe zu berechnen.

C. Ueber den Einfluß der diametralen Ausdehnung einer Archimedischen Schraube auf deren Wirkung.

Um zu bestimmen, welche diametrale Ausdehnung eine, zur horizontalen Ortsbewegung des unten zu beschreibenden Luftschiffes geeignete Archimedische Schraube haben muß, folgt hier eine Tabelle über die Wirkung bestimmter Flächentheile, die eine gleiche Größe und eine wechselnde Entfernung vom Centrum der Schraube haben.

Tabelle 2.

Radiale Entfernung der Fläche vom Drehpunkte der Schraube.[1]	Geschwindigkeit der parallelen Bewegung in einer Secunde.[2]	Arbeitskraft.		Nutzeffect.		
		Pfund Kraft an einem Hebel von 1,6 Fuß wirkend.[3]	Fußpfund.[4]	Größe des lateralen Druckes.[5]	Entfernung der lateralen Bewegung.[6]	Fußpfund.[7]
Fuß.	Fuß.	Pfund.		Pfund.	Fuß in mittl. Entfernung.	
4 [8]	25,132	1,78	17,93	6,92	1,4	9,6
5 [8]	31,415	3,48	35,03	10,81	1,8	19,4
6	37,698	6,02	60,54	15,57	2,2	34,2
7	43,981	9,56	96,15	21,20	2,6	49,1
8	50,264	14,27	143,52	27,69	2,9	80,3
9	56,547	20,32	204,36	35,04	3,3	115,6
10	62,830	27,88	280,33	43,26	3,7	160,0
11	69,113	37,11	373,11	52,35	4,0	209,4
12	75,996	48,18	484,41	62,30	4,4	274,1
13	81,679	61,26	615,89	73,12	4,8	350,9
14	87,962	76,52	769,24	84,80	5,2	440,9
15	94,245	94,11	946,12	97,35	5,5	535,4
16	100,528	114,22	1148,25	110,77	5,9	653,5
17	106,871	137,00	1377,28	125,04	6,3	787,7
18	113,094	162,63	1634,90	140,19	6,6	905,2
19	119,377	191,27	1922,80	156,20	7,0	1093,4
20	125,660	223,09	2242,67	173,07	7,4	1290,7
21	131,943	258,25	2596,18	190,81	7,8	1488,3
22	138,226	296,93	2985,00	209,42	8,1	1696,3
23	144,509	339,19	3409,82	228,89	8,5	1945,5
24	150,792	385,50	3875,35	249,25	8,9	2218,3
25	157,075	435,72	4380,23	270,43	9,2	2487,9
		2945,51	29610,38	2384,62		16826,7

Radiale Entfernung der Fläche vom Drehpunkte der Schraube.[1]	Geschwindigkeit der parallelen Bewegung in einer Secunde.[2]	Arbeitskraft.		Nutzeffect.		
		Pfund Kraft an einem Hebel von 1,6 Fuß wirkend.[3]	Fußpfund.[4]	Größe des lateralen Druckes.[5]	Entfernung der lateralen Bewegung.[6]	Fußpfund.[7]
Fuß.	Fuß.	Pfund.		Pfund.	Fuß in mittl. Entfernung.	
Transp.		2945,51	29610,38	2384,62		16826,7
26 [9]	163,358	489,12	4917,11	292,56	9,6	2808,0
27 [9]	169,641	548,88	5517,84	315,43	10,0	3154,3
28 [9]	175,924	612,16	6153,92	339,23	10,4	3527,9
29 [9]	182,207	680,11	6837,09	363,89	10,7	3893,6
30 [9]	188,490	752,93	7569,05	389,42	11,1	4322,5
Summa:		6028,71	60605,39	4085,09	8,45	34533,0

1) Wie aus der unten folgenden Beschreibung der „Construction der Archimedischen Schraube" zu ersehen ist, besteht ein jeder dieser Flächentheile aus zwei einander diametral gegenüberstehenden Hälften, von denen jede 1 Fuß lang (in radialer Richtung) und 3 Fuß breit, also 3 Quadratfuß groß ist. Die Ausdehnung des ganzen Flächentheiles ist daher = 6 Quadratfuß. Der Winkel, unter dem diese Fläche gegen die Luft stößt, ist = 18°.

2) Es ist hierbei die resultirende Bewegung (DR, Fig. 2) in die zwei Seitenbewegungen, die parallele (DP, Fig. 2) und die laterale (DL, Fig. 2), zerlegt gedacht und jede derselben als für sich bestehend in dieser Tabelle aufgenommen. Die Geschwindigkeit ist für eine Umdrehung der Schraube während einer Secunde gerechnet.

3) Bei den in Tabelle 1 angeführten Versuchen erreicht die Geschwindigkeit der Bewegung ihr Maximum, je nach der Belastung, etwa bei der 16—18. Umdrehung des Apparates; deshalb wähle ich als Grundlage für die Berechnung dieser Tabelle den sub Nr. 49, Tab. 1, angeführten Versuch; denselben wiederholte ich mehrere Male und erhielt stets gleiche Resultate. — In dem sub Nr. 49, Tab. 1, angeführten Versuche bewirkt (nach Abzug des Kraftaufwandes für die Axenreibung) eine Arbeitskraft von 4,581 Pfd. russ. (= 4,1384754 Pfd. engl.) an einem Kraftarme von 0,01876 Fuß preuß. (= 0,019319 Fuß engl.) eine Bewegung von einer Fläche (2 Blechplatten) die 1,984 Quadratfuß preuß. (= 2,1344 Quadratfuß engl.) groß und an einem Radius (pp′, Fig. 3) von 3,071 Fuß preuß. (= 3,1625158 Fuß engl.) befestigt ist. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist hierbei = 7,7 Fuß preuß. (= 7,92946 Fuß engl.) in einer Secunde. Der Winkel, unter dem die Fläche gegen die Luft stößt, ist = 18°; der laterale Druck = 0,2714 Pfd. russ. (= 0,24518276 Pfd. engl.). Hieraus ist die Arbeitskraft, welche zur Bewegung eines jeden 6 Quadratfuß engl. großen Flächentheiles (mit der in Tabelle 2, Rubrik 2, angegebenen Geschwindigkeit) nöthig ist, in folgender Weise berechnet:

$$\underbrace{? \text{ Pfd.} = 4{,}1384754 \text{ Pf.}}_{\text{Pfd. Arbeitskraft.}} \times \underbrace{\frac{0{,}019319}{1{,}6}}_{\text{Länge des Kraftarmes.}} \times \underbrace{\frac{6}{2{,}1344}}_{\text{Größe der Fläche.}} \times \underbrace{\frac{R}{3{,}1625158}}_{\text{Radiale Entfernung der Fläche vom Centrum der Schraube.}} \times \underbrace{\frac{G^2}{7{,}92946}}_{\text{Quadrat der Geschwindigkeit.}} = x \text{ Pfd.} = 0{,}00070641 \times R \times G^2.$$

4) Da der Kraftarm = 1,6 Fuß lang ist, so beträgt seine Peripherie = 10,0528 Fuß; es wird daher der Kraftarm durch diese Entfernung während einer Secunde bewegt.

5) Die Größe des lateralen Druckes eines jeden Flächentheiles ist ebenfalls nach dem sub Nr. 49, Tab. 1, angeführten Versuche berechnet; sie ist =

$$\underbrace{? \text{ Pfd.} = 0{,}24518276 \text{ Pfd.}}_{\text{lateraler Druck.}} \times \underbrace{\frac{6}{2{,}1344}}_{\text{Größe der Fläche.}} \times \underbrace{\frac{G^2}{7{,}92946}}_{\text{Quadrat der Geschwindigkeit.}}$$

$$= x \text{ Pfd.} = 0{,}010961 \times G^2.$$

6) In dem sub Nr. 49, Tab. 1, angeführten Versuche wurde die Rotation der Schraube durch eine Arbeitskraft von 4,581 Pfd. bewirkt; der laterale Druck betrug hierbei 0,2714 Pfd.; der Reibungswiderstand beim Verrücken der Axe auf den Rollen betrug etwa 0,1428 Pfd. Auf analoge Weise wirken dieselben drei Kräfte bei der horizontalen Bewegung eines Luftballons durch die Archimedische Schraube und das relative Verhältniß der Größe dieser drei Kräfte bestimmt die Geschindigkeit der Bewegung; durch die Arbeitskraft wird die Rotation der Archimedischen Schraube besorgt, die Rückwirkung der Luft gegen die unter schiefem Winkel bewegte Schraubenfläche zerfällt in den parallelen und den lateralen Druck, der erstere vermindert die Geschwindigkeit der Rotation und ist hier nicht weiter zu beachten, der letztere (der laterale Druck) wirkt in der Richtung der Schraubenaxe und stößt die Schraubenfläche aus ihrer Bahn; in dem Maaße, als dieses geschieht, wird das Ganze (die Schraube mit dem sie tragenden Luftschiffe) in der Richtung der Schraubenaxe (rechtwinklig zur Rotationsebene der Schraubenfläche) bewegt, und dadurch die Wirkung der dritten Kraft, des Widerstandes der Luft gegen die Bewegung hervorgerufen.

7) Bei der Ortsbewegung durch die Archimedische Schraube ist, in der Luft ebensowohl als im Wasser, bei dem Maximum der möglichen Geschwindigkeit der laterale Druck gering, und umgekehrt ist die Geschwindigkeit = 0, wenn der laterale Druck am größten ist; es wechseln daher die beiden Factoren des Nutzeffectes, je nach dem relativen Verhältnisse der Arbeitskraft zu dem Querschnitte des Luftschiffes und der Geschwindigkeit der horizontalen Bewegung. Deshalb kann auch das Verhältniß des Nutzeffectes zur Arbeitskraft nicht in allen Fällen constant sein und die hier berechneten Größen gelten nur für einen speciellen Fall.

8) Der laterale Druck und die Geschwindigkeit der lateralen Bewegung der 4—5 Fuß vom Centrum entfernten Schraubentheile ist

D. Die Geschwindigkeit der Rotation der Archimedischen Schraube.

In derselben Weise, wie Tabelle 2, ist auch Tabelle 3 und 4 berechnet. Erstere Tabelle 3 zeigt, inwiefern die Größe der Arbeitskraft und des Nutzeffectes von der Geschwindigkeit der Rotation abhängen.

Tabelle 3.

Dauer einer Umdrehung der Archimedischen Schraube.	Größe des Winkels, unter dem die Schraubenfläche gegen die Luft stößt.	Arbeitskraft.		Nutzeffect.		
		Pfundkraft an einem Kraftarme von 1,6 Fuß Länge wirkend.	Fußpfund in einer Secunde.	Größe des lateralen Druckes.	Entfernung der lateralen Bewegung in einer Secunde.	Fußpfund in einer Secunde.
Secunden.		Pfund.		Fuß.	Fuß.	
1	18°	2939,2	29547,3	2366,9	7,0	16568,3
2	"	734,8	3693,4	591,7	3,5	2070,9
3	"	326,5	1094,2	262,9	2,3	613,8
4	"	183,6	461,6	147,9	1,7	258,8
5	"	117,5	236,3	94,6	1,4	132,5
1	15°	2001,1	20116,6	726,1	13,1	9511,9
2	"	500,2	2514,2	190,5	6,5	1247,7
3	"	222,3	744,9	84,6	4,2	369,4
4	"	125,0	314,1	47,6	3,2	155,8
5	"	80,0	160,8	30,4	2,6	79,6
1	10°	1120,8	11267,1	52,0	23,8	1237,6
2	"	280,5	1409,9	13,0	11,9	154,7
3	"	124,5	417,1	5,7	7,9	45,2
4	"	70,0	175,9	3,2	5,7	19,0
5	"	44,8	90,0	2,0	4,9	9,5.*)

Tabelle 4 (siehe flgde. Seite) zeigt, wie groß bei gleicher Arbeitskraft der Nutzeffect ist, wenn sowohl der Winkel, unter dem die Schraubenfläche gegen die Luft stößt (entsprechend dem Winkel RDP, Fig. 2), als auch der Winkel, den die Schraubenfläche mit der Rotationsebene bildet (entsprechend Winkel bDP, Fig. 2), eine verschiedene Größe haben.

---

gering; ferner muß der Neigungswinkel der Schraubenfläche gegen die Rotationsebene an diesen Theilen sehr verschieden sein, je nach der Geschwindigkeit, mit welcher die laterale Bewegung stattfinden soll (s. Tab. 5, Rubrik 3); deshalb ist es wohl zweckmäßig, in dieser Entfernung und näher zum Centrum hin das Gitter der Schraube nicht mit Zeug zu bekleiden (s. „Construction der Archimedischen Schraube").

9) Aus entgegengesetzten Gründen ist die Anwendung der 26 Fuß und mehr vom Centrum entfernten Flächentheile für jede beliebige Geschwindigkeit der Ortsbewegung geeignet; aber die technische Ausführung einer nicht allzu schweren und genügend starken Archimedischen Schraube von solchen Dimensionen bietet Schwierigkeiten, die bei den ersten Versuchen zu vermeiden sind; auch genügt der laterale Druck der 6 bis 25 Fuß vom Centrum entfernten Theile (s. Tab. 2, 3, 4 und 7) vollkommen zur Ortsbewegung eines Luftschiffes von der unten zu beschreibenden Größe; deshalb ist bei den folgenden Berechnungen angenommen, daß die Schraube einen Durchmesser von 50 Fuß habe; es ist daher die Länge eines jeden Blattes gleich 25 Fuß (in radialer Richtung), die Breite = 3 Fuß; an jedem Blatte sind blos die 6 bis 25 Fuß vom Centrum entfernten Theile mit Zeug bekleidet. Die Schraube ist doppelgängig; ihre Quadratoberfläche ist $= 2 \times 3 \times (25-5) = 120$ Quadratfuß (das Nähere siehe „Construction der Archimedischen Schraube").

*) Die Größe der Arbeitskraft und des Nutzeffectes ist auf Grundlage des Tab. 1, Nr. 49, angeführten Versuches berechnet, für die Neigungswinkel von 15° und 10° ist die mittlere Größe aus mehreren Versuchen gerechnet. Die Reibung beim Vorrücken der Axe des Apparates auf den Rollen (s. Tab. 1, Anmerkung 7) ist hierbei = 0 gerechnet; es ist daher der Nutzeffect weit kleiner gefunden, als er in der Wirklichkeit ist; besonders groß ist diese Differenz für den Neigungswinkel von 10°.

Tabelle 4.

a) Fußpfund Arbeitskraft in einer Secunde.[1])	b) Größe des Winkels, unter dem die Schraubenfläche gegen die Luft stößt.	Dauer einer Umdrehung der Schraube.	Größe des Nutzeffectes. Fußpfund in einer Secunde.	Die Neigung der Schraubenfläche gegen die Rotationsebene.[2])					
				= Winkel M, Tab. 5.			= Winkel N, Tab. 5.		
				Entfernung der lateralen Bewegung während einer Umdrehung der Schraube.	Entfernung der lateralen Bewegung in einer Secunde.	Größe des lateralen Druckes.	Entfernung der lateralen Bewegung während einer Umdrehung der Schraube.	Entfernung der lateralen Bewegung in einer Secunde.	Größe des lateralen Druckes.
		Secunden.		Fuß.	Fuß.	Pfund.	Fuß.	Fuß.	Pfund.
1000	18°	3,09	560,7	8,45	2,73	209,0	13,07	4,20	133,5
"	15°	2,76	472,8	14,55	5,38	87,8	19,17	6,94	68,1
"	10°	1,81	109,8	25,25	13,95	7,8	29,87	16,5	6,6
2000	18°	2,45	1121,4	8,45	3,44	325,9	13,07	5,33	210,3
"	15°	2,19	945,6	14,55	6,64	142,4	19,17	8,75	108,0
"	10°	1,43	219,6	25,25	17,65	12,4	29,87	20,88	10,5
2500	18°	2,27	1401,8	8,45	3,72	376,8	13,07	5,75	243,8
"	15°	2,03	1182,0	14,55	7,16	156,7	19,17	9,44	125,3
"	10°	1,33	274,6	25,25	18,98	14,4	29,87	22,45	12,2
3000	18°	2,14	1682,1	8,45	3,94	426,9	13,07	6,10	275,7
"	15°	1,90	1418,4	14,55	7,65	185,4	19,17	10,0	141,8
"	10°	1,25	329,5	25,25	20,20	16,3	29,87	23,11	14,2

II. Bestimmung der Größe des Winkels, welchen die einzelnen Theile der Schraubenfläche gegen die Rotationsebene*) haben müssen, damit, während der Luftschifffahrt, die ganze Schraubenfläche gegen die Luft unter einem Winkel von bestimmter Größe stoße.

Aus Tabelle 1 ist zu ersehen, daß bei gleicher bewegender Kraft der laterale Druck einer Archimedischen Schraube am größten ist, wenn deren Fläche unter einem Winkel von 18° die Luft durchschneidet; deshalb muß auch eine zur willkürlichen Ortsbewegung eines Luftschiffes geeignete Archimedische Schraube so constant sein, daß sie mit ihrer ganzen Fläche unter einem Winkel von 18° gegen die Luft stößt, während das Luftschiff in gerader Richtung hin bewegt wird; hierzu ist es nöthig, daß die Schraubenfläche an der Peripherie der Schraube einen kleineren Winkel mit der Rotationsebene einschließe, als diejenigen Flächentheile, welche in der Nähe des Centrums der Schraube liegen: die Cotangente des Neigungswinkels (minus 18°) der Schraubenfläche gegen die Rotationsebene muß proportional der radialen Entfernung des Flächentheiles vom Centrum der Schraube sein. Ferner muß der Neigungswinkel der ganzen Schraubenfläche gegen die Rotationsebene größer sein, wenn das Luftschiff mit größerer Geschwindigkeit vorwärts bewegt werden soll: die Tangente des Neigungswinkels (minus 18°) der Schraubenfläche gegen die Rotationsebene muß proportional der Entfernung, um welche das Luftschiff während einer Umdrehung der Schraube vorrückt, sein. Die Richtigkeit dieser beiden Bestimmungen läßt sich leicht in folgender Weise veranschaulichen: wenn an einer Archimedischen Schraube der Punkt C = 10′ und der Punkt P = 20′ vom Centrum der Schraube entfernt sind, so werden bei einer Umdrehung der Schraube die Punkte C und P in Kreisen bewegt, deren Peripherie = 62,8′ und 125,6′ ist. Falls gleichzeitig keine Ortsbewegung stattfindet,

1) Es ist unten angenommen, daß 20 Mann am Haspelarme die Rotation der Archimedischen Schraube besorgen; bei einer Tage lang währenden Arbeit ist diese Arbeitskraft zum mindesten = 1000 Fußpfund in einer Secunde zu rechnen. Für eine kurze Zeit könnten die 20 Mann, bei starker Anstrengung, eine Arbeitskraft von 2000—3000 Fußpfund liefern. Der Nutzeffect kann demnach von 560 bis 1682 Fußpfund betragen. Aus Tabelle 7 ist zu ersehen, daß das unten zu beschreibende Luftschiff durch diese Arbeitskraft mit einer Geschwindigkeit von 10—15 Fuß in der Secunde bewegt werden würde.

2) Wenn die einzelnen Theile der Schraubenfläche gegen die Rotationsebene den in Tabelle 5, M. angegebenen Winkel bilden, so wird, falls die laterale Bewegung während einer Umdrehung der Schraube 8,45 Fuß beträgt, die ganze Schraubenfläche die Luft unter einem Winkel von 18° durchschneiden; beträgt die laterale Bewegung = 14,55 Fuß, so ist der Winkel etwa 15°; bei 25,25 Fuß ist der Winkel ungefähr = 10°. Desgleichen würde, wenn die einzelnen Theile der Schraubenfläche den in Tabelle 5, N. angegebenen Winkel mit der Rotationsebene einschließen, bei einer lateralen Bewegung von 13,07 Fuß, 19,17 Fuß oder 29,87 Fuß während jeder Umdrehung der Schraube, der Winkel ungefähr 18°, 15° oder 10° betragen. Inwiefern hierdurch die beiden Factoren des Nutzeffectes geändert werden, ist aus dieser Tabelle zu ersehen.

*) Die Rotationsebene durchschneidet die Axe der Archimedischen Schraube im rechten Winkel.

so liegen diese beiden Kreise in der Rotationsebene; wenn aber während der Umdrehung der Schraube das Luftschiff etwa um 12′ vorrückt, so nehmen an dieser zweiten Bewegung die Punkte C und P in gleicher Weise Theil; es werden demnach die Bahnen der resultirenden Bewegung der beiden Punkte Spiralen sein, und zwar wird die Steigung der beiden Spiralen für eine jede Windung $= 12'$ betragen. Es schneidet mithin die Bahn eines jeden Flächentheiles die Rotationsebene unter einem Winkel, dessen Cotangente proportional der radialen Entfernung des Flächentheiles vom Centrum der Schraube ist (die Cotangente der Spirale C gegen die Rotationsebene ist $= \frac{62{,}8}{12} = 5{,}233$; die Cotangente der Spirale P ist $= \frac{125{,}6}{12} = 10{,}466$ und $5{,}233 : 10{,}466 = 10 : 20$). Die Tangente dieser Winkel ist proportional der Entfernung, um welche das Luftschiff während einer Umdrehung der Schraube vorrückt (die Tangente von C ist $\frac{12}{62{,}8} = 0{,}194$; die Tangente von P ist $= \frac{12}{125{,}6} = 0{,}0955$). Ist für einen jeden Flächentheil, je nach seiner radialen Entfernung vom Centrum der Schraube und der beabsichtigten Geschwindigkeit der Bewegung, bestimmt, wie groß der Winkel sein würde, den die Bahn seiner resultirenden Bewegung mit der Rotationsebene einschließt, so müssen noch 18° hinzugefügt werden, um den Winkel zu erhalten, den die Schraubenfläche mit der Rotationsebene bilden soll, wie dieses in folgender Tabelle geschehen ist.

Tabelle 5.

Entfernung des Flächentheiles vom Centrum der Schraube.	Entfernung der lateralen Bewegung während einer Umdrehung der Schraube = 8,45 Fuß.[1]			Entfernung der lateralen Bewegung während einer Umdrehung der Schraube = 13,07 Fuß.[2]		
	Größe des Winkels, unter dem die Bahn eines jeden Schraubentheiles die Rotationsebene schneidet. Entsprechend < RDP, Fig. 2.		Größe des Winkels, den die Schraubenfläche mit der Rotationsebene bildet. Entsprechend < BDP, Fig. 2. M.	Größe des Winkels, unter dem die Bahn eines jeden Schraubentheiles die Rotationsebene schneidet. < RDP, Fig. 2.		Größe des Winkels, den die Schraubenfläche mit der Rotationsebene bildet. < BDP, Fig. 2. N.
	Cotangente des Winkels.[3]	Grade u. Minuten.	Grade u. Minuten.	Cotangente.	Grade u. Minuten.	Grade u. Minuten.
4	2,97	18° 30—40′	36° 30—40′	1,92	27° 30′	45° 30′
6	4,46	12° 30—40′	30° 30—40′	2,88	19° 0—10′	37° 0—10′
8	5,94	10° 10—20′	28° 10—20′	3,84	14° 30—40′	32° 30—40′
10	7,43	7° 30—40′	25° 30—40′	4,81	14° 40—50′	29° 40—50′
12	8,92	6° 20—30′	24° 20—30′	5,76	9° 50′	27° 50′
14	10,40	5° 20—30′	23° 20—30′	6,73	8° 20—30′	26° 20—30′
16	11,89	4° 48—49′	22° 48—49′	7,69	7° 20—30′	25° 20—30′
18	13,38	4° 16—17′	22° 16—17′	8,65	6° 30—40′	24° 30—40′
20	14,87	3° 50—51′	21° 50—51′	9,61	5° 50′—6°	23° 50′—24°
22	16,35	3° 29—30′	21° 29—30′	10,57	5° 20—30′	23° 20—30′
24	17,84	3° 12—13′	21° 12—13′	11,53	4° 57—58′	22° 57—58′
26	19,34	2° 57—58′	20° 57—58′	12,49	4° 34—35′	22° 34—35′
28	20,81	2° 45′	20° 45′	13,46	4° 14—15′	22° 14—15′
30	22,30	2° 34′	20° 34′	14,42	3° 58′	21° 58′

1) In dem sub Nr. 49, Tab. 1 angeführten Versuche ist durch eine bewegende Kraft von 4,581 Pfd. ein lateraler Druck von 0,2714 Pfd. hervorgebracht. Denkt man sich die einzelnen Theile der Schraube, frei im Raume beweglich, der Wirkung dieser beiden Kräfte ausgesetzt, so würde die Bahn ihrer resultirenden Bewegung mit der Rotationsebene einen Winkel bilden, dessen Tangente $= \frac{0{,}2174}{4{,}581} = 0{,}0592$ ist. Es würde dann eine Schraube von der unten zu beschreibenden Größe während jeder Umdrehung um 8,45 Fuß vorrücken.

2) Rechnet man in demselben Versuche (sub Nr. 49, Tab. 1) zu dem gefundenen lateralen Drucke noch den Kraftaufwand, welcher erforderlich ist, um den Apparat auf den Rollen vorwärts zu bewegen (s. Tab. 1, Anmerkung 7.), hinzu, so würde die Tangente des Winkels $= \frac{0{,}2714 + 0{,}1428}{4{,}581} = 0{,}094$ sein. Es würde dann das Ganze während einer Umdrehung der Schraube um 13,07′ vorrücken.

3) Die Größe des Winkels ist genau durch die Cotangente bestimmt; die Angabe nach Graden und Minuten ist (in Ermangelung einer genauen Tabelle) nur annähernd richtig.

III. Construction einer Archimedischen Schraube, die zur Ortsbewegung des unten zu beschreibenden Luftschiffes geeignet ist. (Die Bezeichnung „Archimedische" Schraube ist, wenngleich nicht streng richtig, hier gewählt, um durch den Namen die Wirkungsweise des Mechanismus anzudeuten.)

Damit zum Umdrehen einer Archimedischen Schraube von bestimmter Flächenausdehnung möglichst wenig Kraft verbraucht werde, muß dieselbe eine geringe Dicke haben, leicht um ihre Axe drehbar sein, und der Schwerpunkt muß mit dem Drehpunkte der Schraube zusammenfallen; ferner müssen die einander diametral gegenüberliegenden Theile der Peripherie gleich schwer sein. Diesen Bedingungen entsprechend könnte man die Archimedische Schraube aus elastischem Stahle und aus Seidenzeug in folgender Weise darstellen: drei Längsstäbe von Stahl (Fig. 4, OGE, NAM und PHF), je 50 Fuß lang, sind in der Entfernung von je 5 Fuß durch Querstäbe (GH, BD, EF ꝛc.) verbunden; der mittlere Längsstab NAM ist gerade; die beiden lateralen Längsstäbe OGE und PLF sind so gebogen, daß 5—25 Fuß vom Centrum entfernt, die Schraubenflächen gegen die Rotationsebene den in Tabelle 5, Rubrik N, angegebenen Winkel bilden. An den Punkten I, L, D, B sind die lateralen Längsstäbe in zwei Zweige getheilt, und diese sind so gebogen, daß vier Zweige von den genannten Punkten aus geradlinig zur Axe der Schraube gehen, während die Zweige BG und DH sich mit den Zweigen IG und LH vereinigen. Sämmtliche Stahlstäbe bilden ein Gitter, dessen Ränder, wo es nöthig ist, feine Löcher enthalten, damit das Gitter in der Ausdehnung von 5—25 Fuß vom Centrum an, mit glatt gespanntem Seidenzeug bekleidet werden kann. Näher als fünf Fuß zum Centrum hin (IBDL, Fig. 4) ist die Fläche nicht mit Zeug bekleidet. An den beiden Seitenrändern sind die lateralen Längsstäbe zu feinen Schneiden ausgewalzt, so daß sie bei der Rotation der Schraube die Luft ohne großen Widerstand durchschneiden. In A ist die Axe der Schraube befestigt; sie geht in einen Haspelarm über (siehe Fig. 5).

Das Gewicht der Archimedischen Schraube ist:

Tabelle 6.

		Länge	Breite	Dicke	
	1) Der 0—5′ vom Centrum entfernte Theil GBDH, Fig. 4:				
	Der mittlere Längsstab AC	5′ lang,	1,1″ breit,	1″ dick	397,32 Cubikzoll.
2 Stück	laterale Längsstäbe GB und HD . .	10,2′	„	„ „	„
2 „	schrägstehende Längsstäbe AB und AD,	10,4′	„	„ „	„
1 „	Querstab AG	1,5′	„	„ „	„
1 „	„ BD	3′	„	„ „	„
	2) Der 5—10′ vom Centrum entfernte Theil BqrD:				
1 Stück	mittlerer Längsstab	5′ lang,	1,1″ breit,	1,0″ dick	237,60 „
2 „	laterale „	10′	„	„ „	„
1 „	Querstab	3′	„	„ „	„
	3) Der 10—15′ vom Centrum entfernte Theil qstr:				
1 Stück	mittlerer Längsstab	5′ lang,	1,0″ breit,	0,8″ dick	48,00 „
2 „	laterale „	10′	„ „	„	0,7″ „	109,20 „
1 „	Querstab	3′	„ „	„	0,7″ „	
	4) Der 15—20′ vom Centrum entfernte Theil suvt:				
1 Stück	mittlerer Längsstab	5′ lang,	0,9″ breit,	0,6″ dick	32,40 „
2 „	laterale „	10′	„ „	„	0,5″ „	70,20 „
1 „	Querstab	3′	„ „	„	0,5″ „	
	5) Der 20—25′ vom Centrum entfernte Theil uEFv:				
1 Stück	mittlerer Längsstab	5′ lang,	0,8″ breit,	0,4″ dick	19,20 „
2 „	laterale „	10′	„ „	„	0,3″ „	37,44 „
1 „	Querstab	3′	„ „	„	0,3″ „	

Stahl zu dem Gitter der einen Schraubenhälfte GEFH . . . . . . = 951,36 Cubikzoll.

„ „ „ „ „ zweiten „ GOPH . . . . . . = 951,36 „

Stahl zu dem ganzen Gitter	1903,72 Cubikzoll =	523,33 Pfd. engl.
120 Quadratfuß Seidenzeug		3,0 „ „
Zwirn und Lack zum Ueberziehen der Nähte		1,67 „ „
		528,0 Pfd. engl.

				Transport	528,0	Pfd. engl.
Die Axe der Schraube: 1) der vordere Theil AB	= 6′ lang,	3″	Durchmesser	=	139,83	„ „
„ „ „ „ 2) der hintere Theil BC	= 32,33′ „	1″	„	=	83,72	„ „
Der Haspelarm CDEF und FGHI	46,4′ „	1″	„	=	120,15	„ „
2 Sitze, je für 10 Mann aus einem Stahlgitter und Rohrgeflechte					190,00	„ „
5 Stück Frictionsrollen, 2 Stück kupferne Ringe das zum Befestigen derselben nöthige Eisen sowie ein Blechgefäß mit Oel zum Einölen der reibenden Flächen				=	138,30	„ „
				Summa	1200,0	Pfd. engl.

Die Archimedische Schraube ist mit der Axe, vermittelst des mittleren Längenstabes (NAM, Fig. 4) und der Zweige (AB, AD, AI, AL, Fig. 4) der beiden lateralen Längenstäbe fest zusammengeschweißt; der freie Theil der Axe ruht in zweien Ringen (R und R′, Fig. 5) und, um die Reibung zu vermindern, auf Frictionsrollen (siehe Fig. 5, F_1, F_2, F_3, F_4, F_5). Die eine dieser Rollen, F_3, trägt an ihrer Peripherie eine ringförmige Vertiefung, in die ein um die Axe gelötheter Wulst paßt; dadurch wird ein Vorrücken der Axe auf ihrer Unterlage vermieden. Der hintere Theil der Axe BC hat keine Last zu tragen und nur der Torsion zu widerstehen, es genügt daher zu demselben ein Rundeisen von 1″ Diameter, während der vordere Theil BA 3″ im Durchmesser hat. Das Ende CD von der Axe ist im rechten Winkel umgebogen und bildet den Hebel des Haspelarmes; dieser besteht aus zwei einander diametral gegenüberstehenden Hälften CDEF und F′GHI, Fig. 5, so daß beim Drehen der Archimedischen Schraube die eine Hälfte des Haspelarmes niedergedrückt wird, während man die andere emporhebt. Die gegen die Axe reibenden Flächen sind mit Kupfer überzogen (weil der Reibungscoefficient dadurch geringer ist). Die Unterlage der Axe und des Haspelarmes, sowie die Sitze sind gehörig auf dem Gerüste des unten zu beschreibenden Luftschiffes befestigt und mit einem leichten Rohrgeflechte überwölbt, so daß der Ballon vor jeder Beschädigung geschützt ist und die Arbeiter genügenden Raum haben.

IV. Die Größe der Axenreibung.

In den Tabellen 2, 3 und 4 ist die Axenreibung beim Umdrehen der Archimedischen Schraube = 0 gerechnet. Bei gleitender Reibung von Eisen auf Kupfer ist nach Coulomb's Versuchen der Reibungscoefficient = 0,17. Rechnet man den Hebel des Kraftarmes = 1,6′, den Radius der Schraubenaxe = 0,125′ und den Axendruck = 3000 Pfd. (= dem Gewichte der Archimedischen Schraube, ihrer Axe, des Haspelarmes und eines Theiles des auf diesen wirkenden Druckes), so ist es nöthig, daß, um den durch die Reibung veranlaßten Widerstand zu überwinden, ein Druck von $0{,}17 \times \frac{0{,}125}{1{,}6} \times 3000$ Pfd. = 39,8 Pfd. auf den Kraftarm wirke. Da aber der Reibungswiderstand durch Anwendung von Frictionsrollen und durch Einölen der reibenden Flächen bedeutend vermindert werden kann, so ist es vollkommen genügend, für denselben die Arbeitskraft eines Menschen zu rechnen. Nach Tabelle 4 beträgt der Nutzeffect einer Archimedischen Schraube etwa 56 % der sie bewegenden Arbeitskraft; rechnet man noch die Arbeitskraft für die Axenreibung hinzu, so beträgt der Nutzeffect (die Zugkraft) der Archimedischen Schraube etwa 50 % der zu ihrer Rotation benutzten Arbeitskraft.

V. Bestimmung der vortheilhaftesten Form für ein Luftschiff, das zur willkürlichen Ortsbewegung geeignet ist.

Aus dem Vorhergehenden ist einleuchtend, daß eine in der Luft rotirende Archimedische Schraube sich mit ziemlich großer Geschwindigkeit in der Richtung ihrer Axe bewegen und hierbei eine bestimmte Zugkraft ausüben würde; soll nun die Archimedische Schraube zur Ortsbewegung eines Aërostaten dienen, so ist es nöthig, daß die Zugkraft der Schraube größer sei, als der Widerstand, den die Luft der Bewegung des Aërostaten (der die Schraube, die Menschen, den Ballast ꝛc. tragen kann) entgegensetzt. Deshalb ist es nöthig, dem Aërostaten eine solche Form zu geben, daß bei der nöthigen Tragkraft der Widerstand der Luft ein möglichst geringer sei.

Umstehende Tabelle 7 zeigt, inwiefern der Widerstand der Luft, bei gleichem Querschnitte des Ballons, je nach dessen geometrischer Form variirt.

Aus Tabelle 7 ist zu ersehen, daß die Luft der Bewegung eines Doppelkegels den geringsten Widerstand entgegensetzt; der Widerstand kann nicht bedeutend zunehmen, wenn zwischen beiden Kegeln ein Cylinder von gleichem Querschnitte eingeschaltet wird. Da bei der Errichtung eines Luftschiffes auch dahin zu streben ist, daß bei gleichem Querschnitte dessen Cubikinhalt ein möglichst großer sei, so wähle ich für dasselbe die Form eines horizontal liegenden Cylinders, der an beiden Enden conisch zugespitzt ist. Um diese Form und Lage constant zu erhalten und den Bewegungsapparaten (der Schraube, dem Steuer, den Menschen ꝛc.) eine feste Stütze zu geben, ist es nöthig, in dem

Tabelle 7.

	Geometrische Form des (vorderen) Endes des bewegten Körpers. Sein Querschnitt = 700 Quadratfuß engl.	Geschwindigkeit der Bewegung in einer Secunde. 5′	8′	10′	12,5′	15′	20′	25′	50′
		Gesammtwiderstand der Luft in englischen Pfunden.							
Nach Versuchen von Schobert.[1]	Eine nach vorn convexe Pyramide von gleicher Höhe und Breite.	—	—	—	—	—	—	725,2	2900,8
	Eine nach vorn gewölbte Kugel.	—	—	—	—	—	—	—	2494,4
	Ein nach vorn gewölbter Kegel von gleicher Höhe und Breite.	—	—	—	—	—	—	—	2184,3
	Ein nach vorn hohler Kegel (Conus) von gleicher Höhe und Breite.	—	—	—	—	—	—	—	4845,3
	Eine ebene Fläche, im rechten Winkel gegen die Luft stoßend.	—	—	—	355,9	—	—	1161,4	4355,8[2] 4547,8[3]
Nach Smeaton's Angaben.[4]	Desgleichen.	39,7	102,5	160,5	250,4	360,0	640,1	1000,6	4001,5
Nach meinen Versuchen.[5]	Desgleichen.	39,5	102,0	159,4	249,0	358,6	637,6	996,2	3985,0
	Doppelconus. Zwei mit ihrer Basis vereinte Kegel. Die Seitenflächen vereinigen sich an den beiden Endspitzen unter Winkeln von 60°	12,6	32,3	50,4	78,8	113,5	201,8	315,3	1261,5
	desgl. 50°	12,3	31,6	49,3	77,1	111,0	197,4	308,5	1234,2
	desgl. 36°	11,4	29,2	45,6	71,3	102,7	182,6	285,3	1141,2
	desgl. 30°	9,2	23,8	37,1	58,0	83,6	148,7	232,3	929,5

unteren Theile des Ballons ein festes Gerüst anzubringen, auf diesem alle schweren Gegenstände zu placiren und alles so zu gruppiren, daß das Ganze seine relative Lage im Raume durch die gehörige Vertheilung des specifischen Gewichtes erhalte und die Bewegung der einzelnen Theile hierin keine Aenderung hervorbringe.

VI. Construction des Gerüstes zu dem Luftschiffe.

Vier Längsstäbe von elastischem Stahle sind durch je 20′ voneinander entfernte Querstäbe verbunden (s. Fig. 6). So weit die Länge des cylindrisch geformten Theiles reichen soll, liegen die Längsstäbe parallel; an den beiden conisch zugespitzten Enden vereinigen sie sich unter Winkeln von 60° (s. Fig. 6, BAB′). Die Querstäbe BB′, DD′ ꝛc. sind ihrer Länge nach gebogen, so daß sie in der Mitte gleichsam einen Theil der Peripherie eines 80′ langen Radius bilden, während die Biegung an den beiden Enden eines jeden Querstabes einem Radius von etwa 30′ entspricht. Die convexe Fläche eines jeden Querstabes ist nach unten gerichtet, so daß die beiden Enden der Querstäbe nach oben stehend in die Seitenwände des Ballons übergehen.

Die Größe und das Gewicht des Gerüstes sind folgende:

---

1) Schobert's Versuche sind in Gehler's physikalischem Wörterbuche angegeben. Schobert fand den Widerstand der Luft nicht proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit, deshalb ist hier der Widerstand nur für die direct durch Versuche beobachtete Geschwindigkeit angegeben.

2) Berechnet aus einem Versuche, bei dem eine Fläche von 13,44 Quadratzoll bewegt wird.

3) Desgleichen aus einem Versuche, bei dem eine Fläche von 3,0 Quadratzoll bewegt wird.

4) Entlehnt aus der Uebersetzung: Smeaton, „Recherches experimentales sur l'eau et le vent, considéres comme forces motrices etc.“

5) Berechnet aus den in Tabelle 1 angeführten Versuchen, indem der Druck, den die Luft auf eine unter dem entsprechenden Winkel bewegte ebene Fläche ausübt, mit der Quadratoberfläche des betreffenden Conus multiplicirt wird. — Offenbar ist hierbei der Widerstand der Luft größer gefunden, als er in der Wirklichkeit ist, denn die Oberfläche eines Conus ist convex, es setzt daher die Luft ihrer Bewegung einen geringeren Widerstand entgegen, als einer ebenen Fläche; ferner wird die Luft an der hinteren Fläche eines jeden bewegten Körpers verdünnt, sie übt daher auf diese Fläche einen negativen Druck aus und hemmt dadurch ihre Bewegung; ist auch diese Fläche convex, so wird dadurch die Rückwirkung der Luft ebenfalls gemindert. Dieser Umstand erklärt auch, weshalb Schobert den Widerstand der Luft gegen die Bewegung eines einfachen Kegels größer fand, als er nach meiner Berechnung bei der Bewegung eines Doppelkegels ist.

Tabelle 8.

A. Der conisch zugespitzte Theil des einen Endes BAB′ oder SFS′:

2 Stück	schrägstehende Seitenstäbe AB und AB′	= 40′ lang,	0,8″ breit, 1″ hoch (vertic. Richt.)	} = 472,36 Cubikzoll.	
2 „	mediale Längsstäbe EF und EF′	= 17,33′ „	„ „ „ „		
2 „	„ Querstäbe EE′ und FF′	= 20′ „	„ „ „ „		
2 „	laterale[1]) „ BT und B′F′	= 10′ „	0,8″ bis 0,25″ Durchmesser	25,0 „	
			Summa 210,9 Pfd. engl.[2])	= 767,37 Cubikzoll Stahl.	

B. Das Gerüst zu einer 20′ langen Abtheilung des cylindrischen Theiles BDD′B′:

2 Stück	mediale Längsstäbe FG und F′G′	= 40′ lang,	0,8″ breit, 1″ hoch	= 384 Cubikzoll.
2 „	laterale „ BD und B′D′	= 40′ „	0,8″ Durchmesser (Rundeisen)	= 241,15 „
1 „	medialer Querstab GG′	= 10′ „	0,8″ breit, 1″ hoch	= 96,0 „
2 „	laterale „ DG und D′G′	= 10′ „	0,8″ bis 0,25″ Durchmesser	= 25,0 „
			Summa 205,1 Pfd. engl.	= 746,15 Cubikzoll Stahl.

Mithin beträgt das Gewicht des ganzen Gerüstes, bestehend aus:

den beiden conischen Endtheilen	à 210,9 Pfd.	= 421,8 Pfd. engl.
16 Stück cylindrischen Abtheilungen	à 205,1 „	= 3281,6 „ „
	Summa	= 3703,4 Pfd. engl.

VII. Construction des Ballons.

Um den Ballon an das Gerüst zu befestigen, umhülle man sämmtliche Stahlstäbe mit Leinwand und nähe an diese das Seidenzeug so an, daß es in dem Gerüste, gleichsam wie in einen Rahmen gespannt, den Boden des Ballons bildet und in dessen Seitenwände übergeht. Der nicht in den Rahmen gespannte Theil des Seidenzeuges ist so lang, daß der Ballon (mit Gas gefüllt) einen runden Cylinder von 30′ Diameter bildet; der Boden des Ballons ist abgeplattet, da die Krümmung der Querstäbe einem Radius von 80′ entspricht. Die beiden Enden des Cylinders sind durch senkrechte ebene Scheiben aus Seidenzeug geschlossen. An der Peripherie dieser Scheiben beginnen die Seitenwände der conisch zugespitzten Endtheile des Ballons; derselbe besteht daher aus drei, von einander geschiedenen Abtheilungen.

Das Gewicht des Ballons ist:

Tabelle 9.

A. Gewicht einer 20′ langen cylindrischen Abtheilung des Ballons.

Die Quadratoberfläche der Seitenwand 20′ lang, 94,4′ peripherische Ausdehnung = 1884 Quadratfuß.

a) Seidenzeug zur äußeren Schicht des Ballons, mit Lack überzogen[2])	= 47,1 Pfd. engl.
b) „ „ inneren „ „ „ nicht lackirt[2]) . .	= 94,2 „ „
Leinwand[2]), 100′ lang, 0,3′ breit = 33,3 Quadratfuß	= 3,33 „ „
Zwirn	= 1,37 „ „
Summa	146,0 Pfd. engl.

B. Das Gewicht eines conisch geformten Endtheiles (ABDD′B′, Fig. 6).

(Es ist hierbei gerechnet, daß die den Enden zunächst gelegenen Abtheilungen des Gerüstes BDD′B′ und RSS′R′ ebenfalls von den zugespitzten Endtheilen des Ballons eingenommen werden, weil der Scheitel des Conus mit dem unteren Rande der Basis in gleichem Niveau liegt.)

Die Quadratoberfläche der Basis des Conus (eine runde Scheibe von 30′ Diameter) ist = 707 Quadratfuß.

Zu derselben nicht lackirtes einfaches Seidenzeug . . .	= 15,15 Pfd.

Die Quadratoberfläche der Seitenwand eines Conus von 30′ Diameter und 40′ Höhe = 1884 Quadratfuß.

Zu derselben a) äußere Schicht lackirtes Seidenzeug .	= 94,20 „
„ „ b) innere „ nicht lackirtes Seidenzeug	= 47,10 „
Leinwand, 187′ lang, 0,3′ breit = 56,1 Quadratfuß .	= 5,61 „
Zwirn	= 2,94 „
Summa	165,0 Pfd.

1) Die Querstäbe sind in der Mitte dicker; nach beiden Enden zu nehmen sie allmälig an Stärke ab, so daß sie an den Spitzen nur 1,25″ im Durchmesser haben.

2) 1 Cubikzoll Stahl engl. = 0,274 Pfd. engl. 10 Quadratfuß Leinwand = 1 Pfd.; 40 Quadratfuß Taffet = 1 Pfd.; 20 Quadratfuß Taffet mit Kautschuklack überzogen = 1 Pfd.

Es ist demnach das Gewicht des ganzen Ballons bestehend aus:

den beiden conischen Endtheilen	à 165 Pfd.	=	330 Pfd.
14 Stück cylindrischen Abtheilungen	à 146 „	=	2044 „
		Summa	2374 Pfd. engl.

An jeder Abtheilung des Ballons ist ein durch Federkraft verschließbares großes Ventil angebracht, das durch eine nach dem Steuerende hin gehende Schnur geöffnet werden kann; außerdem gehen von jeder Abtheilung aus Kautschukröhren nach dem Steuerende des Schiffes; daselbst befindet sich in jeder Röhre ein Manometer. Die Röhren können sowohl untereinander, als auch mit einer Luftpumpe in Verbindung gesetzt werden; ersteres geschieht, um den durch Diffusion entstehenden ungleichen Gasdruck auszugleichen; letzteres, um eine beliebige Abtheilung des Ballons stärker mit Gas zu füllen, falls dieses zur Erhaltung des Gleichgewichtes nöthig sein sollte. Die Luftpumpe braucht höchstens für einen Druck von $1^1/_2$ Atmosphären eingerichtet zu sein; sie muß aber rasch wirken.

VIII. Das Steuer ist 25′ lang und 25′ breit, also 625 Quadratfuß groß; es besteht aus einem mit Seidenzeug überzogenen Gitter von drei horizontalen und drei verticalen Stahlstäben. Die letzteren sind an dem oberen horizontalen Stabe mittelst dreier Charniere befestigt, so daß man das Steuer aus der gewöhnlichen verticalen Lage in die horizontale bringen kann, wobei es mit seiner Fläche unterhalb des Schiffsbodens zu liegen kommt. Die Beweglichkeit der Charniere kann durch einen Riegel gehemmt werden, derselbe geht von der Steueraxe gegen den mittleren verticalen Stab herab. Von der Mitte des oberen horizontalen Stabes aus geht vertical nach oben die Steueraxe; dieselbe ruht in einer Röhre, die an dem hinteren Ende des Gerüstes (s. Fig. 6, A) befestigt ist; am oberen Ende der Steueraxe befindet sich ein Hebelarm von Holz zum Wenden des Steuers.

Das Gewicht des Steuers ist:

Tabelle 10.

Der obere horizontale Stahlstab	25′ lang,	0,8″ hoch,	0,4″ breit	=	96 Cubikzoll.
„ mittlere „ „	25′ „	0,4″ „	0,2″ „	=	24 „
„ untere „ „	25′ „	0,2″ „	0,2″ „	=	12 „
Die drei verticalen Stahlstäbe	75′ „	0,8—0,2″ „	0,4—0,2″ „	=	132 „
(Dieselben sind oben stärker, nach untenzu allmälig schwächer.)					
					264 Cubikzoll = 72,57 Pfd. engl.
Drei Charniere					1,50 „ „
Seile und Rollen zum Aufziehen des Steuers					10,0 „ „
Ein Riegel					1 „ „
Eine Axe von Eisen					4,25 „ „
Eine Röhre zur Aufnahme der Axe nebst dem zu ihrer Befestigung nöthigen Eisen					16 „ „
Ein Hebel von Holz					10 „ „
625 Quadratfuß Seidenzeug					15,62 „ „
Zwirn ꝛc.					1,06 „ „
					Summa 132 Pfund engl.

IX. Der Ballast.

Ein nach unten trichterförmig verengter Sack ist mit trockenem Sande gefüllt; von dem oberen Ende des Sackes aus gehen vier Seile nach vier entgegengesetzten Punkten des Schiffsbodens hin; daselbst geht ein jedes Seil über eine Rolle, darnach geht es an der unteren Fläche des Schiffsbodens bis in die Nähe des Steuers, wo die vier Seile an zwei Kurbeln so befestigt sind, daß durch die Bewegung der einen Kurbel der Ballast von der einen Seite des Schiffes zur andern bewegt werden kann, während die zweite Kurbel den Ballast in der Längendimension des Schiffes vor- und rückwärts bewegt. Dadurch kann man den Schwerpunkt des Schiffes nach Belieben ändern und dasselbe in horizontaler Lage erhalten. Das untere Ende des Ballastsackes mündet in eine verticalstehende Röhre, die durch eine in horizontaler Richtung bewegliche Scheibe geschlossen ist; der Verschluß wird durch Federkraft bewirkt; geöffnet wird die Röhre, indem man die Scheibe durch eine nach dem Steuerende gehende Schnur zurückzieht.

X. Um das Luftschiff in horizontalem Gleichgewichte zu erhalten, könnten sämmtliche Gegenstände auf demselben in folgender Weise gruppirt sein.

Tabelle 11.

Bezeichnung der einzelnen Abtheilungen in Fig. 6.	Benennung und Gewicht der auf dieser Abtheilung befindlichen Gegenstände.	Cubikinhalt der Abtheilung des Ballons.	Gewicht des im Ballon enthaltenen Wasserstoffs.	Gewicht eines gleichen Volumens Luft.	Tragkraft des Wasserstoffs in der Luft.	Differenz zwischen dem Gewichte und der Tragkraft einer jeden Abtheilung.[1]	Mittlere Entfernung der Abtheilung vom Mittelpunkte der Längenaxe.	Balance der Längenaxe des Luftschiffes und aller auf demselben befindlichen Gegenstände. Pfundfuß engl.[2]	
		Cubikfuß.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Pfd. freie Tragkraft.	Fuß.		
	Vorderes Ende des Luftschiffes oder Schraubenende.								
F	Archimedische Schraube = 528 Pfd.	—	—	—	—	— 528	177,32	— 93624,9	
FSR R′S′	Gerüst . . . . 210,9 Pfd. „ . . . . 205,1 „ Ballon . . . 165,0 „ Schraubenaxe . 223,55 „ deren Unterlage 138,3 „ Summa 942,85 Pfd.	9333	51,84	748,51	696,67	— 246,18	158,6	— 39044,1	
RR′ O′O	Gerüst . . . . 205,1 Pfd. Ballon . . . 146,0 „ Haspel . . . 60,0 „ Sitz . . . . 95,0 „ 10 Mann . . . 1500,0 „ Speise . . . . 100 „ 2106,1 Pfd.	13700	76,10	1098,75	1022,65	— 1083,45	130	— 140848,5	= — 392697,0
OO′ NN′	Desgleichen.	„	„	„	„	— 1083,45	110	— 119179,5	
NN′ II′	Gerüst . . . . 205,1 Pfd. Ballon . . . 146,0 „ 351,1 Pfd.	14000	77,77	1122,81	1045,04	+ 693,94	90	+ 62454,6	
	Desgleichen.	„	„	„	„	+ 693,94	70	+ 48575,8	
	„	„	„	„	„	+ 693,94	50	+ 34697,0	= + 173485,0
	„	„	„	„	„	+ 693,94	30	+ 20818,2	Differenz
	„	„	„	„	„	+ 693,94	10	+ 6939,4	= — 219212,0
	Mittelpunkt der Längenaxe des Luftschiffes.								
	Steuerende oder hinteres Ende des Luftschiffes.								
	„	„	„	„	„	+ 693,94	10	+ 6939,4	
	„	„	„	„	„	+ 693,94	30	+ 20818,2	
	„	„	„	„	„	+ 693,94	50	+ 34697,0	
	„	„	„	„	„	+ 693,94	70	+ 48575,8	
	„	„	„	„	„	+ 693,94	90	+ 62454,6	= + 354062,2
	„	„	„	„	„	+ 693,94	110	+ 76333,4	
	„	„	„	„	„	+ 693,94	130	+ 90212,2	
DD′ HH′	Gerüst . . . . 210,9 Pfd. „ . . . . 205,1 „ Ballon . . . 165,0 „ 581,0 Pfd.	9000	49,99	721,81	671,82	+ 90,82	154,5	+ 14031,6	
DD′ BB′ A	Steuer . . . . . 132 Pfd. 2 Mann . . . . 300 „ Speisen . . . . 20 „ Luftpumpe . . . 100 „ Fallschirm . . . 500 „ Kautschukröhren . 20 „ Diverses . . . . 128 „ 1200 Pfd.	—	—	—	—	— 1200	175	— 210000,0	= — 210000
Summa	Totalgewicht . 11677,2 Pfd. Ballast . . . 3027,2 „ Freie Steigkraft 1249,8 „	203733	1187,27	17141,54	15954,72	+ 4277,02	—	Differenz + 144062,0 Pfdfß.	

Vorderes oder Schraubenende + 528,62 Pfd.
Hinteres oder Steuerende + 3748,4 „ } 4277,02 Pfd.

XI. Die Beschäftigung des Personals auf dem Luftschiffe.

20 Mann besorgen die Rotation der Archimedischen Schraube, 1 Mann lenkt das Steuer, und 1 Mann erhält das Schiff in horizontalem Gleichgewichte, indem er den Gasdruck in den drei Abtheilungen des Ballons regelt und die Ortsveränderung des Ballastes besorgt. Die beiden letzteren Personen befinden sich auf dem hinteren Ende des Schiffes; zu ihrer Verständigung mit den am Haspelarme arbeitenden Leuten geht dahin eine Schnur, mittelst der die nöthigen Notizen ausgetauscht werden.

XII. Schlußbemerkungen.

1) Nachdem bereits so viele Vorschläge, wie die willkürliche Ortsbewegung eines Luftballons erreicht werden könne, sich als unausführbar erwiesen haben, muß jeder neue Plan mit Mißtrauen aufgenommen werden und es dürfte daher schwerlich Jemand das nöthige Capital zu einem Versuche hergeben, wenn er nicht im Voraus von der Ausführbarkeit desselben überzeugt ist; deshalb halte ich es für nöthig, hier die Beschreibung eines einfachen, höchstens 20 Rubel kostenden Apparates anzuführen, mittelst dessen die diesem Zwecke entsprechende Wirkung der Archimedischen Schraube auf eine, selbst dem Laien verständliche Weise nachgewiesen werden kann.

An den beiden Enden eines 12 Fuß langen Eisenstabes nietet man zwei starke Eisenbleche von 6 Fuß Länge und 4 Fuß Breite so an, daß sie entsprechend den Flächen eines Windmühlenflügels mit der Rotationsebene einen Winkel von 19° bilden. Rechtwinklig zur Längenaxe des Stabes und zur Rotationsebene der beiden Blechtafeln wird in der Mitte des Stabes eine eiserne Axe angeschweißt; am entgegengesetzten Ende dieser Axe wird ein Haspelarm befestigt und das Ganze auf ein leichtes Gerüst von Holz gelegt, so daß diese Archimedische Schraube leicht um ihre Axe gedreht werden kann. Das Gerüst ruht auf einem leichten Wagen und dieser auf einer Eisenbahn, oder es befindet sich auf einem conischen Floße und dieses schwimmt auf stehendem Wasser (je nachdem welche Unterlage am Orte leichter zu haben ist). Bei genügend rascher Rotation muß der Wagen, oder das Floß in der Richtung der Schraubenaxe bewegt werden. Die Geschwindigkeit der Ortsbewegung auf dem Wasser kann nur etwa den 24sten Theil von der Geschwindigkeit der Bewegung in der Luft betragen. Zweckmäßiger, aber auch kostspieliger ist es, den lateralen Druck durch ein Dynamometer zu messen und die Einrichtung zu treffen, daß der Neigungswinkel der Platten gegen die Rotationsebene nach Belieben geändert werden kann.

2) Soll die Archimedische Schraube oder ein anderer Mechanismus mit Erfolg zur horizontalen Bewegung eines Luftballons benutzt werden, so ist es unerläßlich, daß die gegen die Luft stoßende Fläche sich in gleichem Niveau mit dem Luftballon befinde. Die früher hierüber angestellten Versuche konnten zum Theil deshalb keine günstigen Resultate geben, weil bei denselben die Bewegungsapparate in einer Gondel, die mittelst Seilen an dem Ballon hing, placirt waren. Vorausgesetzt, daß die angewandten Bewegungsapparate wirklich zur Ortsbewegung in der Luft geeignet waren, so konnte durch dieselbe doch keine directe Bewegung des Ballons, sondern nur der Gondel erzielt werden und auch die Bewegung der Gondel konnte nicht in gerader horizontaler Richtung von A nach B, Fig. 7, hin geschehen, sondern ihre Bahn bildet eine Bogenlinie AP, so lange, bis der Ballon nicht ebenfalls an der horizontalen Bewegung Theil nimmt. Um die Gondel von A nach P zu bewegen, muß dieselbe gleichsam auf einer schiefen Ebene emporgehoben werden, was bei der beträchtlichen Schwere der Gondel, der Bewegungsapparate, der Menschen 2c. einen großen Kraftverlust veranlaßt; dann, auf dem Punkte P angelangt und daselbst durch steten Kraftaufwand erhalten, konnte nur ein geringer Theil der noch übrigen bewegenden Kraft dazu verwandt werden, um auch den Ballon in horizontaler Richtung zu bewegen, da auf diesen die Zugkraft in der Richtung CP wirkt. Der Kraftverlust ist hierbei um so größer, je länger die Seile sind, welche die Gondel mit dem Ballon verbinden, und je größer das Gewicht der Gondel sammt deren Inhalt im Vergleiche zur bewegenden Kraft ist.

Bemerkungen zu Tabelle 11 auf voriger Seite:

1) Das Zeichen + deutet an, daß die Tragkraft des Wasserstoffs in einer bestimmten Abtheilung größer ist, als deren eigenes Gewicht. Das Zeichen — deutet an, daß sie geringer ist.

2) Auf dem Schraubenende des Schiffes ist die Tragkraft um 528 Pfd. größer, als das eigene Gewicht des Schiffes; demnach würde dieses Ende des Schiffes bei feststehendem Mittelpunkte niedersinken, weil die freie Tragkraft sich vorzüglich in der Nähe des Mittelpunktes befindet. Deshalb habe ich die Balance nach Pfundfußen (= dem Gewichtemal der Entfernung vom Mittelpunkte des Schiffes) berechnet. Hiernach würde das Schraubenende mit der Kraft von 219212,0 Pfundfußen niedersinken und das Steuerende mit der Kraft von 144062,2 Pfundfußen gehoben werden; der Ballast muß also einer Kraft 219212,0 + 144062,2 = 363274,2 Pfundfußen das Gleichgewicht halten. Die freie Tragkraft des Schiffes ist = 4277,02 Pfund; diese Quantität Ballast würde das Schiff in horizontalem Gleichgewichte erhalten, wenn der Ballast $\frac{363274,2}{4277,02} = 84,9$ Fuß vom Mittelpunkte des Schiffes sich befände; die Steigkraft des Schiffes würde dann = 0 sein. Rechnet man den Ballast zwischen v und w, Fig. 6, beweglich, also 169 — 120 Fuß vom Mittelpunkte des Schiffes entfernt, so kann sein Gewicht $= \frac{363274,8}{169} = 2149,5$ Pfd. bis $\frac{363274,8}{120} = 3027,2$ Pfd. betragen. Die Steigkraft des Schiffes ist dann = 2127,5 Pfd. bis 1249,8 Pfd.

3) Die oben ausgeführten Versuche und Berechnungen beweisen, daß unter bestimmten Bedingungen der Nutzeffect einer Archimedischen Schraube etwa 50% der zu ihrer Rotation verbrauchten Arbeitskraft betragen kann, und daß man die Geschwindigkeit der Bewegung auf Kosten des lateralen Druckes (und umgekehrt) nach Belieben ändern kann. Die Richtung der lateralen Bewegung findet stets in der Richtung der Schraubenaxe statt und, da diese willkürlich geändert werden kann, so ist es klar, daß man mittelst der Archimedischen Schraube in der Luft sowohl eine Bewegung in verticaler, als auch in horizontaler Richtung erreichen könnte (ebenso wie dieses im Wasser der Fall ist).

Es ist oben bestimmt, welcher Kraftaufwand nöthig ist, um 22 Mann und 2000 — 3000 Pfund Ballast in horizontaler Richtung zu bewegen, wenn dieselben von einem Aërostaten getragen werden; sollte aber deren verticale Bewegung durch eine Archimedische Schraube besorgt werden, so müßte ihr lateraler Druck dem Gesammtgewichte der zu tragenden Last gleich kommen und die mittlere Geschwindigkeit der lateralen Bewegung müßte wenigstens der des freien Falles gleich sein, also = 15′ in einer Secunde betragen.

Das zu tragende Gewicht ist zum mindesten folgendes:

Die Archimedische Schraube nebst dem Haspelarm, den Sitzen 2c.	120 Pfd.
Das Gerüst (FSRR′S′, Fig. 6)	415 „
21 Mann (20 zur Rotation der Schraube und 1 Mann zum Senken des Steuers)	3150 „
Das Steuer	132 „
Summa	4897 Pfd.

Der Nutzeffect der Schraube muß dann im Mittel = 4897 × 15 = 73455 Fußpfund sein; dieses entspricht einer Arbeitskraft von 146910 Fußpfund; es hätte demnach ein jeder der 20 Mann, die die Rotation der Schraube besorgen, eine Arbeitskraft von 7345,5 Fußpfund in der Secunde zu liefern, was offenbar unmöglich ist. Selbst dann, wenn die Construction der Schraube bedeutend verbessert würde (d. h. wenn dieselbe ein möglichst geringes Gewicht hätte und ihr lateraler Druck bedeutend größer sein würde), so könnte sie, durch Menschenkraft bewegt, nicht zu verticaler Bewegung dienen, allenfalls könnte man dieselbe anstatt eines Theiles vom Ballaste zum Heben und Senken eines Aërostaten anwenden.

4) Es könnte unwahrscheinlich scheinen, daß leichtes Seidenzeug die Last des oben beschriebenen Luftschiffes tragen könne, ohne zu zerreißen, besonders wenn der Ballon direct mit der zu tragenden Last verbunden würde, während dieselbe bisher mit dem Ballon stets durch netzartig verzweigte Seile verbunden wurde. Da bei der von mir gewählten Form der horizontale Umfang des Ballons sehr groß ist, so hat ein jeder Theil des doppelten Seidenzeuges von 1 Zoll Breite nicht mehr als etwa 1,4 Pfund zu tragen. Die directe Vereinigung des Ballons mit dem Gerüste hat noch den Vortheil, daß keine Reibung auf der Oberfläche des Ballons stattfindet und die einzelnen Theile desselben gegeneinander nicht verschoben werden können. Ein Zerreißen des Ballons ist blos dann zu befürchten, wenn der innere Druck des Gases zu stark ist.

5) Zu dem oben beschriebenen Luftschiffe wählte ich für die Schraubenaxe eine Länge von 38,33 Fuß, abgesehen von der größeren Last ist diese Länge insofern unzweckmäßig, daß, wenn das Gerüst des Luftschiffes (durch die vorzüglich an dessen Enden befindliche Last) gebogen wird, dadurch eine Reibung der Axe gegen die Querstäbe SS′ und FF′, Fig. 6, erzeugt werden kann. Um dem vorzubeugen, sind die beiden Querstäbe stärker als die übrigen nach unten gewölbt und die schrägstehenden Seitenstäbe FP und FP′ sind, vor ihrer Vereinigung in F, um etwa 2 Fuß nach oben gebogen; dadurch wird auch bei der horizontalen Lage des Schiffes, auf ebenem Boden, eine Beschädigung der Schraube vermieden. Würde die Axe kürzer sein, so käme die Last der 20 Mann, welche am Haspelarme arbeiten, näher zum Schraubenende des Schiffes; es müßte dann, um das Gleichgewicht des Schiffes zu erhalten, der Ballast schwerer sein. — Eine relativ kürzere Axe kann man blos dann anwenden, wenn das Luftschiff größer ist; weil das eigene Gewicht des Schiffes und der auf demselben nöthigen Mannschaft nicht in gleichem Verhältnisse mit dessen Volumen und seiner freien Tragkraft zunehmen, wie dieses aus folgender Tabelle zu ersehen ist.

Tabelle 12.

Dimensionen zweier Luftschiffe von gleicher Form.	Gewicht der Schiffe mit allen nöthigen Apparaten u. Leuten (ohne den Ballast).	Cubikinhalt.	Gesammte Tragkraft.	Freie Tragkraft nach Abzug des eigenen Gewichtes der Schiffe (incl. den Ballast).	Widerstand der Luft gegen die Bewegung der Schiffe.
30 Fuß Diameter, 354 „ Länge	11677 Pfd.	1	1 (15954 Pfd.)	4277 Pfd.	1
60 „ Diameter, 708 „ Länge	78488 „	8	8 (127632 „)	49144 „	4

6) Wiewohl es sicher ist, daß andere, geometrisch complicirtere Formen für ein Luftschiff mehr geeignet sind (wie dieses auch bei Wasserschiffen je nach deren speciellem Zwecke der Fall ist), so habe ich hier, der einfachen Berechnung wegen, die oben beschriebene Form gewählt; auch wollte ich in dieser Abhandlung blos das, was durch Versuche erwiesen ist, für die Richtigkeit meiner Ansichten geltend machen. (Versuche über den Widerstand der Luft gegen die Bewegung von elliptisch oder parabolisch geformten Körpern sind mir nicht bekannt.)

Gegen den Einwand, es würde schwierig sein, ein Luftschiff von 30′ Diameter und 354 Fuß Länge stets in horizontaler Lage zu erhalten, bemerke ich hier Folgendes:

A) Bei größerer Ausdehnung der Längenaxe des Schiffes ist die Verrückung des Schwerpunktes (durch Bewegen des Ballastes und des Gases) ebenfalls auf einen größeren Raum ausgedehnt.
B) Bei größerer Länge werden die verticalen Schwankungen der Enden des Schiffes (ebenso wie jede Pendelbewegung), langsamer stattfinden und die Ausdehnung der Oscillationen wird einem kleineren Winkel entsprechen.
C) Man könnte die Einrichtung treffen, daß der Aufenthaltsraum für die Menschen an dem Gerüste hängt und daher nicht an allen Bewegungen desselben in gleichem Grade Theil nimmt.
D) Wie aus einer Vergleichung der Tabellen 2, 3, 4 und 7 zu ersehen ist, kann die obige Schraube mit der gewählten Arbeitskraft auch ein Luftschiff von größerem Querschnitte bewegen, man kann daher dessen Länge vermindern, falls dieses nöthig sein sollte.

7) Bei conträrem Winde ist dessen Wirkung gegen das Luftschiff von der gegen die Schraube zu unterscheiden; die letztere Wirkung vermindert die Geschwindigkeit der Ortsbewegung in einem weit geringeren Grade, als die erstere; denn conträrer Wind strebt die Schraube in derselben Richtung zu drehen, wie dieses durch die Arbeitskraft geschieht. Die durch conträren Wind bewirkte Rotation vermehrt freilich den lateralen Druck der Schraube nicht; damit derselbe unverändert bleibe, muß die Rotation der Schraube schneller als in ruhender Luft stattfinden.

8) Nach theoretischen Voraussetzungen muß ein bestimmter Theil der Arbeitskraft, bei demselben Nutzeffecte, gespart werden, wenn die gegen die Luft stoßende Fläche der Schraube concav ist. Meine hierüber angestellten Versuche bestätigen dieses, doch waren die von mir benutzten Apparate zu mangelhaft, als daß ich aus den erhaltenen Resultaten den vortheilhaftesten Grad der radialen und der tangentialen Krümmung der Fläche, für jede Größe der Schraube und jede Geschwindigkeit der Bewegung herleiten könnte.

9) Ursprünglich beabsichtigte ich, die Rotation der Schraube durch eine Dampfmaschine zu besorgen; besonders da Menschen bei geringem Luftdrucke leicht ermüden. Die bisher gebrauchten Dampfmaschinen sind zu diesem Zwecke zu schwer; ich beabsichtigte daher eine solche zu construiren in der

A) Luft statt des Wasserdampfes expandirt wird.
B) Bei welcher sowohl die zum Brennen nöthige Luft, als auch die Verbrennungsgase durch ihr Ein- und Ausströmen zur Ortsbewegung beitragen.
C) Die beim Verbrennen frei werdende Elektricität sollte ebenfalls die Ortsbewegung vermehren.
D) Die strahlende Wärme sollte dazu dienen, um ohne Verlust von Wasserstoffgas oder von Ballast nach Belieben höher oder niedriger zu steigen, je nachdem, in der oberen oder unteren Region günstigerer Wind weht.
E) Als Brennmaterial sollte Erdöl dienen, weil dasselbe a. beim Verbrennen mehr Wärme liefert, als ein gleiches Gewicht Kohle; b. die Verbrennungsgase bei Erdöl ein größeres Volumen haben; c. der Ofen einfacher construirt und daher leichter sein kann; d. die Flamme bei Erdöl bald angezündet und eben so schnell ausgelöscht ist.
F) Einige Theile der Dampfmaschine, sowie auch andere Theile des Luftschiffes könnten der größeren Leichtigkeit wegen aus Aluminium oder einigen seiner Legirungen dargestellt werden.

Es ist mir bisher nicht möglich gewesen, die nöthigen Versuche anzustellen, um die Ausführbarkeit dieses Planes praktisch zu prüfen.

10) Durch die Reibung der Schraubenaxe gegen ihre Unterlage und der Schraubenfläche gegen die Luft ꝛc. wird viel Elektricität entwickelt; auch ist die Vertheilung der Elektricität in den einzelnen Luftschichten sehr ungleich, deshalb muß einer plötzlichen Entladung der Elektricität auf das Luftschiff und seine nächste Umgebung vorgebeugt werden. Dieses würde geschehen, wenn man alle metallischen Theile auf dem Luftschiffe untereinander in leitende Verbindung brächte und an den am weitesten vorragenden Stellen (als der Peripherie der Schraube, dem unteren Ende des Steuers ꝛc.), lange, vergoldete Nadeln anlöthete. Liegen diese Nadeln parallel der Längenaxe des Luftschiffes und ragt das rückwärts gerichtete Ende derselben frei in die Luft, so muß, wenn zuweilen der Strom der Elektricität sehr stark werden sollte, dadurch die Ortsbewegung des Schiffes beschleunigt werden.

11) Mittelst der bisher bei der Luftschifffahrt gebrauchten Fallschirme wird die Geschwindigkeit des Fallens ver-

mindert; um gleichzeitig die Heftigkeit des Anstoßens auf die Erde zu beseitigen, könnte man an dem in gewöhnlicher Weise construirten Fallschirme folgende Aenderung anbringen: der obere Theil des Stieles an dem Fallschirme besteht aus einer oben geschlossenen Röhre; in dem unteren Theile der Röhre ist luftdicht ein Stab eingepaßt; derselbe bildet das untere Ende des Stieles. Durch den Stoß gegen die Erde (beim Herabfallen) wird der Stab in die Röhre getrieben, dadurch die Luft in derselben comprimirt und durch ihre Elasticität die Kraft der Erschütterung gemindert. Die mit dem Menschen in Berührung kommenden Theile des Schirmes müssen gepolstert sein. Die relativen Größenverhältnisse der einzelnen Theile, namentlich das Volumen und die Länge der Röhre müssen durch Fallversuche ermittelt werden.

Drei Vorlesungen des Professors Porro über die Schnellmeßkunst.

(Hierzu Fig. 8 auf Tafel 28 und Taf. 31.)

Auf die zweite Vorlesung folgte die praktische Uebung auf dem Felde, welche in der bei den Vorlesungen auseinandergesetzten Weise durchgeführt wurde. Da blos zwei Instrumente disponibel waren und nicht mehr als eine Person zugleich bei einem Instrumente verwendet werden konnten, so theilten sich die Zuhörer, an Zahl 24, in zwei Brigaden, und jede in drei Sectionen, um sich gegenseitig bei verschiedenen Operationen abzulösen.

Die Uebung hat drei Tage gedauert, am zweiten Tage verursachte aber ein orcanartiger Wind eine störende Unterbrechung, so daß die ganze nützlich zu verwendende Zeit blos 19 Stunden betrug.

Die Zahl der mit beiden Instrumenten ausgeführten Aufstellungen belief sich auf 22, ausgenommen sechs Aufnahmen mit dem photographischen Apparate, welche neun negative Bilder lieferten. Die Zahl der wirklich aufgenommenen Punkte betrug 182, worunter die doppelt gemachten Beobachtungen, welche wegen der Anschlüsse, Durchschneidungen und Orientirungen nach trigonometrischen Punkten erforderlich waren, nicht mit gezählt sind.

Als trigonometrische Punkte waren der Mittelpunkt des Thurmes von Baradello, des Glockenthurmes von Cantù, desjenigen von Busto Arsizio und des Doms von Mailand gegeben; die letzteren Beiden blieben jedoch wegen des trüben Zustandes der Atmosphäre unsichtbar. Für einige Aufstellungspunkte entnahm man die Berichtigung der Orientirung von der Richtung nach Cantù, andere orientirten sich nach dem Thurme von Baradello, für noch andere, denen eine passende Richtungslinie fehlte, wurde die Orientirung aus den Quadraten des Anschlusses entnommen. Nur eine einzige Station besaß blos einen Anschlußpunkt und eine Visirlinie nach dem Thurme von Baradello, was aber genügende Elemente waren.

Um eine Idee von den auf dem Felde erhaltenen Resultaten zu geben, folgen hier einige beliebig aus dem Zusammenhange herausgenommene Beispiele; dasselbe werden wir nachher bezüglich der Operationen in der Stube thun, durch welche die schließlichen Resultate ermittelt werden.

Als Beispiel für die Art der Beobachtung und Eintragung wollen wir die zwei Tabellen veröffentlichen, welche die Resultate der Beobachtung zweier von Station I. aus und von der ersten Brigade aufgenommenen Punkte enthält, denen im definitiven Register die Ordnungszahlen 105 und 106 zukommen (siehe flgde. Seite).

Figur 1a auf Tafel 31*) giebt weiter ein Beispiel der Skizzen, welche an Ort und Stelle gemacht worden sind, nämlich diejenige der ersten Station, gemacht auf dem Platze von Camerlata, worin die beiden angeführten Punkte gehörigen Ortes zu sehen sind.

Auf dem Rücken jeder Skizze findet sich die Bestimmung der Länge und der relativen Orientirung der Diagonale des Anschlußquadrates verzeichnet. Dies ist eine Rechnungsoperation, welche gewöhnlich an Ort und Stelle vorgenommen wird, um Gewißheit über die Güte des Anschlusses zu erhalten, ehe man die Station verläßt.

Von einer solchen Probe der Anschlüsse geben wir ein Beispiel von den Stationen q, t, dargestellt in Fig. 2a*), welche mittelst der Punkte 17 und 22 anschließen.

Die Probe besteht in der Vergleichung der beiden Werthe, welche sich durch die Diagonale D des Anschlußquadrates mit ihrem Mittelwerthe, der in diesem Falle 274,26 Meter **) betragen würde, ergeben; die Differenz von den extremen Werthen beträgt 0,3 Meter und entspricht 0,0017 der

*) Diese Figur ist aus Versehen auf Tafel 31 weggeblieben, wird aber unter den Druckfehlern als Holzstich gegeben werden. D. Red.

**) Soll wohl heißen 174,26 Meter. D. Uebers.

I	105								
Vorspringende NO. Ecke des Gebäudes der Post in Camerlata									
a' = 34	10	δa 3. 10	b' = 3	10	δb 3. 10	a'—b' = 31	00	Σ(a—b) = 62	00
a'' = 31	00		b'' = 0	00		a''—b'' = 31	00		
Zenithdistanz		— Azimuth.							
101	40	179	55						

I	106								
Vorspringender N.W. Winkel der Herberge der Eisenbahnstation									
a' = 51	40	δa 3. 40	b' = 18	40	δb 3. 40	a'—b' = 33	00	Σ(a—b) = 66	00
a'' = 48	00		b'' = 15	00		a''—b'' = 33	00		
Zenithdistanz		— Azimuth.							
101	05	192	30						

Elemente zur Vergleichung des Anschlusses, gefunden in Station q.

Punkte.	Oertliche Coordinaten, nicht corrigirt.			Resultat.		
	x	y	z	ϑ	D	ψ
17	— 137,2	— 70,4	+ 16,25			
22	+ 29,3	— 20,2	+ 5,05			
Diff.	— 166,5	— 50,2	+ 11,20	81,35	173,96	104,10

Elemente zur Vergleichung des Anschlusses, gefunden in Station t.

Punkte.	x	y	z	ϑ	D	ψ
17	— 8,8	+ 24,7	+ 3,93			
22	+ 159,5	+ 71,4	— 6,89			
Diff.	— 168,3	— 46,7	+ 10,32	82,76	174,57	103,94

Entfernung, während die gestattete Ungenauigkeit von 5 Tausendteln 0,87 Meter ergeben würde. Demgemäß ist dieser Anschluß als genügend anzusehen.

Was die Größe ϑ und ψ anlangt, so wird sich deren Gebrauch weiter unten zeigen.

Wir wünschten auch einige Beispiele der photographischen Aufnahme vorführen zu können, aber es gebrechen uns gegenwärtig die materiellen Hülfsmittel der Vervielfältigung.

Dritte Vorlesung *).

In dieser Vorlesung bleibt uns noch übrig, die Methode vorzuführen, nach welcher bei den Arbeiten im Cabinet verfahren wird, um aus den auf dem Felde gewonnenen Unterlagen einestheils die numerische Gleichung der Oberfläche des aufgenommenen Terrains mittelst Punkten zu bestimmen, andererseits dieselbe zeichnend durch äquidistante horizontale Curven auszudrücken. Die Alumnen haben diese Arbeit wirklich auszuführen.

Die erste Arbeit, welche zu Hause vorzunehmen ist, um eine nach den Methoden der Schnellmeßkunst bewirkte Aufnahme zu vollenden, besteht in der Aufzeichnung des ganzen Dreiecksnetzes, welches durch die Visirungen nach den Anschlußpunkten gebildet wird, wobei man beliebig nach dem Maaßstabe, oder auch blos aus freier Hand zeichnen kann. Das Resultat dieser Operation, mit Zugrundelegung der exacten Werthe und im Maaßstabe gezeichnet, findet sich auf Tafel 28 dargestellt.

Aus diesem Liniencomplexe, den wir das Polygonnetz (poligonazione) nennen, lassen sich gewisse relative Näherungswerthe für diejenigen, welche man braucht, ableiten, wie wir sogleich sehen werden, und es ist, wie die Handskizze besonders geeignet zur Auswahl der besten Prüfungslinien (linee di comprovazione).

Die zweite Operation besteht in der Bestimmung der wahren Orientirung der Nulllinie des Instrumentes in jeder Station.

Hiervon wollen wir zwei Beispiele mittheilen.

1. Beispiel. — In der Station u (der ersten Aufstellung der Brigade 2 a) war das Instrument annähernd mit der Boussole orientirt worden, es war aber nicht regulirt in Bezug auf Declination, folglich war die Orientirung eine unbestimmte. Später wurde der Glockenthurm von Cantù einvisirt und ein Winkel von 247,57 Graden abgelesen. Die Coordinaten des benachbarten Thurmes von Baradello waren nach Weglassung der Decamyriameter.

	$X = 63175{,}1$	$Y = 71934{,}2$
Aus dem Polygonnetz folgt graphisch annähernd	$x = +\ 142$	$y = -\ 159$
daher folgt annähernd für Station u	$X = 63317{,}1$	$Y = 71775{,}2$
Da die Coordinaten von Cantù sind	$X = 59846{,}3$	$Y = 65845{,}2$
so ergeben sich die orthogonalen Abstände zwischen Cantù und Station u	$\Delta X = +\ 3470{,}8$	$\Delta Y = +\ 5930{,}0$

und man erhält daher im Allgemeinen

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{\Delta X}{\Delta Y} \quad \text{oder} \quad \vartheta = 233{,}70 \text{ Grad}$$

während beobachtet worden war $\vartheta = 247{,}57$ „

daher zu addirende Correction 386,13 Grad.

Dies ist die Größe in Graden, welche zu allen von der Station u aus beobachteten Winkelwerthen addirt werden muß, um die wahren Azimuthe zu erhalten.

Sollte Jemand deshalb eine Ungenauigkeit befürchten, weil bei dieser Bestimmung die approximativen Werthe von x und y für Baradello benutzt worden sind, so wäre zu erwidern, daß dies in Anbetracht der großen relativen Distanz, in welcher sich der Glockenthurm von Cantù befindet, gestattet sei, übrigens ist im Cursus der Schnellmeßkunst das Verfahren gelehrt worden, wie man in Fällen, wo die Entfernung des trigonometrischen Punktes relativ nicht sehr groß ist, zu einer zweiten und selbst einer dritten Näherung gelangen kann; hier genügt jedoch die erste Näherung.

Dagegen ist der Convergenz der Meridiane von Cantù und Baradello nicht Rechnung getragen worden, wie es doch hätte geschehen sollen, da dieselbe nicht zu vernachlässigen ist; da aber die Position von Baradello einfach von einer Karte in kleinem Maaßstabe abgestochen worden war, um bei dieser Uebung benutzt zu werden, so schien sie nicht genau genug bestimmt, um die Berücksichtigung der Convergenz der Meridiane nützlich erscheinen zu lassen.

2. Beispiel. — Als solches diene die Orientirung der Nulllinie auf der Station t, wenn die Orientirung der Nulllinie auf Station q als bekannt vorausgesetzt wird.

Der Gang dieser Operation, welcher besonders durch die Figur erläutert wird, war der folgende. Wir finden auf dem Rücken der Skizze der Station q, daß die Diagonale des Anschlußquadrates haben würde

die relative Stellung $\vartheta^q = 81{,}^0 36$

und diejenige von Station t $\vartheta^t = 82{,}76$

daher $\vartheta^q - \vartheta^t = 398{,}60.$

Dies würde die Größe sein, welche zu allen in Station t beobachteten Richtungen zu addiren wäre, um eine parallele Orientirung mit Station q zu erhalten.

Auf Station q ist aber vorher, mittelst der Einstellung auf q und der oben auseinandergesetzten Methode, eine Azimuthalcorrection von $387^0{,}27$ gefunden worden, daher erhält man hier die wahre Azimuthalcorrection für Station t $= 398^0{,}60 + 387^0{,}27 = 385^0{,}87$.

Wenn nun auf diese Weise die genaue Orientirung der Nulllinie für alle Stationen gefunden worden ist, so kann nach den bekannten Formeln der Schnellmeßkunst zur

---

*) Diese Vorlesung hat aus leicht begreiflichen Gründen nicht vor den Alumnen gehalten werden können.

Bestimmung der Coordinaten x, y, z aller beobachteten Punkte und zur Ermittelung der orthogonalen Abstände jeder folgenden Station von der vorhergehenden geschritten werden, und dies ist denn auch geschehen. Und da mindestens immer zwei Anschlußpunkte vorhanden sind, so können diese orthogonalen Abstände auf zwei oder mehr verschiedenen Wegen erhalten werden, und die Resultate müssen immer innerhalb der nachgelassenen Grenzen zusammenstimmen, weil die Anschlußvierecke bereits auf dem Felde mit einander verglichen worden sind. In solchen Fällen ist es gerecht und der Theorie der in der Geodäsie üblichen Ausgleichungen conform, die mittleren Werthe anzunehmen und sich derselben bei den weiteren Vergleichungen, bei der Compensation der Polygonseiten und bei der Bestimmung der absoluten Position aller Stationen zu bedienen.

Als Beispiel der Ermittelung der orthogonalen Abstände zwischen zwei aufeinander folgenden Stationen führen wir nachstehend die Rechnung bezüglich der Stationen c, s an, welche mittelst der Punkte Nr. 24. und 36. unter sich verbunden wurden. Nachstehendes Täfelchen zeigt zur Genüge das dabei beobachtete Verfahren, und macht weitere Erklärungen entbehrlich.

Angabe der Station		Ordnungsnummer.	Orthogonale Abstände. Ergebnisse der Aufnahme.			Mittelwerthe.		
von	nach		x	y	z	x	y	z
c	s	24	— 41,5	— 87,1	— 25,39	—68,9	+66,9	—39,44
			— 27,4	+154,1	— 14,08			
			— 68,9	+ 67,4	— 39,47			
		36	—151,0	+ 3,6	— 43,43			
			+ 82,0	+ 62,9	+ 4,03			
			— 69,0	+ 66,5	— 39,40			

Da die Ausdehnung des Viereckes, um welches es sich handelt, ungefähr 500 Meter beträgt, so wäre eine Differenz von 2,5 Meter gestattet gewesen; dieser Anschluß war also als genügend zu betrachten, besonders da er bereits auf andere Weise auf dem Felde geprüft war, und die in den drei letzten Columnen eingeschriebenen Mittelwerthe sind ohne Zweifel als die wahrscheinlichsten Werthe der Abstände nach x, y und z zwischen den Punkten c und s anzuerkennen.

Es ist nun die Methode zu betrachten, nach welcher bei den Prüfungen und Compensationen vorgegangen, durch welche die Gewißheit über die Güte der ganzen Arbeit erlangt und die Lage aller Punkte absolut bestimmt wird. Als Beispiele dieser Operation wollen wir die nachstehenden beiden anführen, bei deren ersten es sich um ein geschlossenes Polygon von 960 Metern Entwickelung handelt. Dieses Polygon wurde mittelst der drei Formeln

$$\Sigma x = 0,\ \Sigma y = 0,\ \Sigma z = 0$$

geprüft, wo die x, y, z in der während des Cursus erklärten Weise verstanden werden. In diesem Polygon findet sich eine Abweichung um 0,5 Meter beim x, um 0,4 Meter beim y und um 0,24 Meter beim z. Die Diagonale eines Parallelepipedes, dessen drei Kanten diese Länge besitzen, beträgt 0,7 Meter, eine Größe, welche im Vergleich zu der totalen Entwickelung des Polygones (960 Meter) in dem Verhältnisse 0,00073 : 1 steht. Deshalb kann dieser Theil der Aufnahme als besonders gelungen betrachtet werden, so daß die verbleibende Ungewißheit über die Position jedes Punktes noch lange nicht an die zulässigen Grenzen streifen würde. Wir wollen indessen diese Ungewißheit noch nach den an gehöriger Stelle vorgetragenen Lehren compensiren und werden dann definitive Werthe erhalten, deren Unbestimmtheit eine noch viel geringere sein wird.

Nachstehendes Täfelchen giebt eine Uebersicht und das Detail der nöthigen Rechnungen, ohne weitere Erklärungen zu bedürfen (siehe folgende Seite).

In dem zweiten Täfelchen haben wir als zweites Beispiel eine Polygonseite, welche von der Station c, die bereits im vorigen Polygon bestimmt wurde, ausgehend, im trigonometrischen Punkte Baradello endigt.

Die Länge dieser Polygonallinie beträgt 870 Meter und die Prüfung mittelst der Formeln:

$$\Sigma x = \Delta X,\ \Sigma y = \Delta Y,\ \Sigma z = \Delta Z$$

läßt eine Differenz (die Diagonale des erwähnten kleinen Parallelepipedes) hervortreten, welche 0,002 der ganzen Ausdehnung beträgt. Demgemäß wird also auch dieses Polygon angenommen und wie das vorige compensirt.

Es sind sieben Polygonallinien durch die Operation erhalten worden, welche in dieser Weise geprüft und compensirt, folgende Differenzen ergeben haben:

1. Polygonallinie 0,00073
2. „ 0,00200
3. „ 0,00570

Angabe der Knotenpunkte.	Aufeinanderfolgende Abstände in						Absolute Position		
	x	Correct.	y	Correct.	z	Correct.	X	Y	Z.
Baradello (Thurm)	3175,1	+	1934,2	—	443,01	+			
	+ 140,0		— 159,3		— 102,91				
u	3315,1	0,1	1774,9	0,1	340,10	0,04	3315,2	1774,8	340,14
	— 29,4		+ 62,2		+ 7,57				
d	3285,7	0,2	1837,1	0,1	347,67	0,08	3285,9	1837,0	347,75
	+ 25,8		+ 127,0		+ 29,65				
t	3311,5	0,3	1964,1	0,2	377,32	0,12	3311,8	1963,9	377,44
	+ 106,8		+ 118,6		— 11,94				
q	3418,3	0,4	2082,7	0,3	365,38	0,16	3418,7	2082,4	365,54
	— 70,9		+ 62,2		— 30,98				
c	3347,4	0,5	2144,9	0,3	334,40	0,20	3347,9	2144,6	334,60
	— 172,8		— 210,3		+ 108,37				
Baradello (Thurm)	3174,6	0,5	1934,6	0,4	442,77	0,24	3175,1	1934,2	443,01

Polygonallinie von c nach Baradello.

Angabe der Knotenpunkte.	Aufeinanderfolgende Abstände in						Absolute Position		
	x	Correct.	y	Correct.	z	Correct.	X	Y	Z.
c	3347,9	+	2144,6	+	334,60	+	3347,9	2144,6	534,60
	— 68,9		+ 66,9		— 39,44				
s	3279,0	0,4	2211,5	0,4	295,16	0,05	3279,4	2211,9	295,21
	— 191,0		+ 210,0		— 68,92				
ε	3088,0	0,8	2421,5	0,9	226,24	0,09	3088,8	2422,4	226,33
	+ 85,9		— 488,6		+ 216,24				
Baradello	3173,9	1,2	1932,9	1,3	442,88	0,13	3175,1	1934,2	433,01

4. Polygonallinie 0,00390
5. „ 0,00180
6. „ 0,00880
7. „ 0,00500

Zwei von diesen Linien überschreiten die gesteckten zulässigen Grenzen, die eine um wenig und die andere, welche eine bedeutendere Differenz zeigt, liegt in dem accessorischen Theile der Aufnahme, welcher mit großen Stationen längs der Straße S. Carpoforo ausgeführt worden ist, um alle Arbeiten in ein großes Polygon einzuschließen. Diese Linie muß also auf irgend einer Station einen wirklichen Fehler enthalten, welcher aufzusuchen und da, wo er begangen wurde, zu corrigiren sein würde, damit er nicht in die Compensation eingeschlossen würde. Aber ebenso wie in diesem Theile der Aufnahme genügende Visir- und seitliche Anschluß-Punkte an andere Punkte der Aufnahme fehlen, so fehlen auch aus Versehen (eine Sache, welche bei Alumnen, die zum ersten Male im Großen arbeiten, wohl nachgesehen werden darf) die Mittel, um den genauen Ort und das Wesen des begangenen Fehlers zu erkennen, und, da die Umstände dieser Uebung nicht eine Rückkehr aufs Terrain gestatten, so hat man sich zu dem geringeren Uebel entschließen und diesen nicht gerade sehr argen Fehler mit in die Compensation einbegreifen müssen.

Die hier befolgte Methode mit Polygonnetz und Compensation ist diejenige, welche für kleine, im Raume isolirte, und nur wenige trigonometrische Punkte begegnende Aufnahmen am passendsten erscheint; man bemerke noch, daß im allgemeinen Falle die Prüfungen in zwei Graden geschehen, und daß sie beim ersten Grade nach der Methode der Centralen, welche ausführlich im Cursus der Schnellmeßkunst gelehrt wird, ausgeführt werden, daß die Compensationen aber nur beim ersten Grade vorgenommen werden. Die vorliegende Arbeit giebt, da sie isolirt und von geringer

Ausdehnung ist, nicht genügende Elemente zu einer vollkommenen Prüfung im zweiten Grade nach den compensirten Polygonen, aber es ist kein Zweifel, daß mit Ausnahme des sechsten Polygones kein Theil dieser Arbeit in den Resultaten größere Unsicherheiten als von 2 Tausendeln, oder ungefähr $1/5$ der nachgelassenen Ungenauigkeit, enthält.

Wenn mittelst der beschriebenen Operationen die beiden nothwendigen Elemente, nämlich die genaue Orientirung und die Feststellung der Positionen aller Punkte der Station, gefunden sind, so können mit Sicherheit die zugehörigen Coordinaten und die Coordinaten aller aufgenommenen Punkte berechnet und gehörigen Orts in das Register eingetragen werden. Ueber alle diese Operationen und über dasjenige, was sonst noch zur Vollendung der vorgesteckten Arbeit sowohl in Bezug auf geopraphische, als auf numerische und descriptive Darstellung gehört, wird in der nächsten Nummer dieses Journales gehandelt werden.

Polygonalnetz der Operationslinien der Uebungsarbeit vom Jahre 1865.

Stationen und Hauptpunkte. Bezeichnung	X		Y		Z.	
Station u	3315	2	1774	8	340	14
d	3285	9	1837	0	347	75
t	3311	8	1963	9	377	44
q	3418	7	2082	4	365	54
c	3347	9	2144	6	334	60
s	3279	4	2211	9	295	21
E	3088	8	2422	4	226	33
o	3074	8	2317	9	232	84
n	2983	5	2172	8	251	26
uz	3010	5	1882	0	422	79
I	3306	4	1558	8	291	40
II	3311	0	1770	6	338	35
III	3294	4	1812	6	342	90
IV	3068	2	1569	3	289	27

Stationen und Hauptpunkte. Bezeichnung	X		Y		Z.	
Station V	2884	4	1678	6	291	52
VI	2809	8	1787	0	283	92
VII	2793	5	1876	5	280	68
VIII	2759	9	1942	0	275	50
IX	2816	5	2046	4	265	39
X	2906	8	2135	2	254	20
XI	3233	3	1886	6	395	21
Photogr. Stat. A	3262	2	1488	7	295	90
„ „ B	3350	4	1833	1	383	14
Thurm v. S. Rocco	3106	8	2351	9		
NW. Thurmecke im Scheitel g	3178	4	1939	1	467	42
Punta di Geno	3793	2	5240	0	199	34

NB. Obige Coordiaten sind auf den Meridian durch die Peterskuppel in Rom, auf den Aequator und auf den Meeresspiegel bezogen; bei X sind 26 und bei Y 507 Myriameter weggelassen, als die allen Punkten dieser Aufnahme gemeinsamen Größen.

Im Anschluß an das Vorhergehende theilen wir hier auf Tafel 31 noch das Endresultat des graphischen Theiles der Arbeit mit, deren geometrisches Skelett auf Tafel 28 gegeben worden ist.

Es ist gezeigt worden, in welcher Weise die Coordinaten aller Stationspunkte und die Orientirung der Nulllinie des Instrumentes an jedem solchen Punkte gefunden worden sind; es fehlt daher Nichts mehr zur Bestimmung der localen Coordinaten x, y, z aller aufgenommenen Punkte, und wenn hierzu die Werthe der betreffenden Station hinzugefügt werden, so ergeben sich die richtigen Werthe für jeden visirten Punkt.

Die localen Coordinaten werden mittelst der logarithmischen Scala erhalten (ich sage nicht: berechnet) und unmittelbar an ihren Platz geschrieben; die Hauptzahlen, welche sich leicht durch Summation ergeben, werden ebenfalls an ihren Platz eingetragen.

Nachstehende Tabelle giebt ein Beispiel von einer Seite des Buches, in welchem auf dem Felde die Beobachtungsdata für die Punkte 105 und 106 eingetragen worden waren. Wenn dies für alle in die Aufnahme gehörigen Punkte geschehen ist, so ist der numerische Theil der Arbeit für jeden Punkt als vollendet zu betrachten.

Wenn alle Arbeiten der Prüfung und Compensation mit gehöriger Sicherstellung bezüglich des Grades der Genauigkeit im Ganzen und Einzelnen vollendet sind, so ist nun möglich, zur Ausführung des Typus oder der Karte, wie man gewöhnlich sagt, zu schreiten, deren Aufgabe es ist, graphisch übersichtlich die Formen und Specialitäten des aufgenommenen Terrains wiederzugeben. Wenn es sich nur um eine gewöhnliche Cataster-Parcellirung handelte, so brauchte man die x und y blos in die Kilometerblätter einzutragen, welche für den angenommenen Maaßstab nach Decametern quadrirt sind, während die altimetrischen Coten

I	105								
Vorspringende NW Ecke des Postgebäudes zu Camerlata.									
a′ = 34	10	δ a 3. 10	b′ = 3	10	δ b 3. 10	a′ — b′ = 31	00	Σ (a—b) = 62	00
a″ = 31	00		b″ = 0	00		a″ — b″ = 31	00	K = 61	97
								Σ (a+b) = 0	68
Apogenit —		Azimut.						H = —1	37
101	40	179	55						
Correctionen.									
0	00	21	00	x = — 0	5	y = — 61	9	z = — 2	05
101	40	200	55	X = 3305	9	Y = 1496	9	Z = 289	35

I	106								
Vorspringende NO Ecke des Stationsgebäudes.									
a′ = 51	40	δ a 3. 40	b′ = 18	40	δ b 3. 40	a′ — b′ = 33	00	Σ (a—b) = 66	00
a″ = 48	00		b″ = 15	00		a″ — b″ = 33	00	K = 65	98
								Σ (a+b) = 1	33
Apogenit —		Azimut.						H = —1	93
101	05	192	30						
Correctionen.									
0	00	21	00	x = — 13	7	y = — 64	5	z = — 3	26
101	05	213	30	X = 3292	7	Y = 1494	3	Z = 288	98

im Register für vorkommende Fälle (Berieselungen, Flußregulirungen, Trockenlegungen u. dgl.) aufbewahrt bleiben. Diese Operation läßt sich in Folge des quadrirten Papieres ohne Maaßstab und Zirkel ausführen. Sind dann alle aufgenommenen Punkte mit ihrer in Rothstift beigeschriebenen Ordnungsnummer eingetragen, so nimmt man die an Ort und Stelle entworfenen Skizzen zur Hand und sucht sie durch Verbindung der Perimeterlinien nachzuahmen, trägt die Wege, Wasserläufe, Häuser u. s. w. auf und vollendet in jeder Beziehung das Bild im Grundrisse. (Sollten dann sofort die Flächen jeder Parzelle angegeben werden, so könnte man dies ohne Weiteres mittelst der im Cursus vorgetragenen schnellen und doch gleichzeitig genauen und sicheren Methoden direct nach den Coordinaten thun.

Handelt es sich dagegen, und dies ist unser Fall, um Anlagen, bei denen die Höhen die Hauptsache sind, so schreibt man am Besten neben jeden eingetragenen Punkt außer der Ordnungszahl auch noch die entsprechenden Werthe von Z mit rother Tinte, um dann in der Zeichnung zwischen die Nachbarpunkte graphisch so viel andere Punkte zu interpoliren, als zum Ziehen der gleich hoch übereinanderliegenden Niveaucurven erforderlich sind. Diese gleich hoch gelegenen Punkte in einer Curve, welche einer ganzen Zahl von Metern entspricht, könnten auch numerisch nach X und Y bestimmt werden, aber bei der vorliegenden Uebungsarbeit ist dem etwas rascher zum Ziele führenden graphischen Verfahren, dessen Genauigkeit bei Tracirung von Straßen bezüglich der Erdbewegungen vollkommen hinreichend ist, der Vorzug gegeben worden; da wo es sich um Kunstbauten handelt, muß man jedoch die Rechnung anwenden.

Das Resultat dieser Operation ist nun auf Tafel 31 verzeichnet, und da bei dieser kurzen Uebungsarbeit besonders danach getrachtet wurde, den altimetrischen Ausdruck der Terraingestalt in das gehörige Licht zu setzen, so sind auf Taf. 31 der mehreren Deutlichkeit halber fast alle Grenzen zwischen den einzelnen Parcellen und alle andern rein planimetrischen Nebensachen weggelassen worden, um den Niveaucurven den ihnen inwohnenden sterofkopischen Ausdruck zu belassen.

Die einschlagenden graphischen Operationen sind hinreichend bekannt und bedürfen keiner Erläuterung. Nur das möchte noch hinzuzufügen sein, daß die sphärischen Pho-

tographien sich von besonderem Nutzen bei der Controlirung und Ergänzung dieser Arbeit zeigten, indem sich mit Hülfe derselben die Horizontalcurven noch mit einiger Sicherheit über die Grenzen hin ausdehnen ließen, innerhalb deren die Aufnahme mit dem Kleps erfolgt war.

Auch haben die sphärischen Photographien nicht wenige genaue Winkeldata geliefert, welche theils zur Controle der mit dem Kleps ausgeführten Operationen, theils zur numerischen Bestimmung mancher Details benutzbar wären, und Letztere hätten auf dem Plane zur Ergänzung eingezeichnet werden können, wenn man dies nicht aus den angeführten Gründen unterlassen hätte.

Es wäre nun über das effective Studium der von Anfang an eingeschlagenen Projekte einer Fahrstraße und eines Tunnels, über den graphischen Ausdruck der Aufträge und Einschnitte und der Kunstbauten, unter Berücksichtigung der Methode der Abhangsscalen und ihrer Verwendung bei den Erdberechnungen, welche auf Grund der numerischen Gleichung des Terrains und der Oberflächenformen des ausgeführten Projektes durchzuführen sind, kurz über den Abschluß der in der ersten Vorlesung gestellten Aufgabe zu handeln. Hieran ließe sich eine Betrachtung darüber anschließen, wie aus dem Plane die gewöhnlichen Längs- und Querprofile auszuziehen seien, welche für die mit dem neuen System nicht Bekannten zur Verdeutlichung erforderlich sein würden, und es würde dies im vorliegenden Falle gewiß recht nützlich sein, da die neue Methode nur durch die Vergleichung mit den alten Methoden gewinnen kann *).

Aber dieser wichtige Gegenstand soll erst das Thema zu einem im nächsten Schuljahre zu lesenden Vortrage bilden.

Da indessen durch Herrn E. Villari diese Arbeit zum Theil ausgeführt worden ist, indem Derselbe für jedes der beiden Projecte die numerische Gleichung der Axe der Wege ermittelt hat, welche auf Tafel 31 eingezeichnet sind, so sind, um eine bestimmtere Anschauung dieser Verfahrungsweise zu geben, nachstehend die gefundenen Gleichungen zusammengestellt.

Gestalt der nackten Oberfläche des Berges Baradello, ausgedrückt durch äquidistante Niveaucurven in 10 Meter Abstand. — Project eines Fahrweges und eines Tunnels nach den Bedingungen im Texte.

Coordinaten der Endpunkte des Tunnels.						
Bezeichnung	X		Y		Z.	
Anfang a	3403	0	1430	0	284	0
Ende b	3118	0	2355	0	223	0

Coordinaten der Hauptpunkte der Fahrstraße.						
Bezeichnung	X		Y		Z.	
Abgangspunkt	3308	0	1670	0	297	00
1. Wendung	3368	0	1660	0	300	00
2. „	2886	0	1846	0	330	00
3. „	3298	0	1870	0	355	00
4. „	2968	0	1878	0	375	00
5. „	3276	0	1958	0	396	25
6. „	3038	0	1875	0	410	00
Endpunkt	3162	0	1935	0	440	00

Die Gleichung der Axe des projectirten Tunnels wird natürlich lediglich mittelst zweier Punkte gegeben, da es sich um eine im Raume ihrer Lage nach zu bestimmende gerade Linie handelt. Sie enthält 963,00 Met. Länge und 0,063 Steigung, würde also, wenn der Tunnel wirklich zur Ausführung käme, ausnahmsweise starke Maschinen verlangen. Der Fahrweg dagegen, nach dem Castell, welcher auf der Tafel punktirt angegeben ist und aus einer Folge von Curven und Gegencurven besteht, wird durch 58 Punkte bestimmt, zwischen welche sich noch beliebig viele andere Punkte hätten interpoliren lassen, und besitzt eine Gesammtlänge von 2800 Metern. Jeder dieser Punkte besitzt die Eigenthümlichkeit, daß er zur Oberfläche des Terrains und gleichzeitig zu einer Linie gehört, welche mit der constanten Steigung 0,05 vom Posthofe der Stadt Giovi ausgeht und auf dem Plätzchen vor dem Thurme endigt. Eine derartige Trace des Fahrweges gewährt den Vortheil, daß sie das Minimum von Auf- und Abträgen verlangt und überall solch ein Profil giebt, dessen eine Hälfte vom Berge abzugraben ist, während die andere Hälfte anzuschütten ist. Allerdings hätte hierbei mit auf die Natur der Bodenbeschaffenheit Rücksicht genommen und danach die Trace modificirt werden müssen, wenn der Boden an gewissen Stellen schwer zu gewinnen oder zu stützen wäre, aber bei einer in drei Tagen durchzuführenden Uebungsarbeit mußte wohl von derartigen Rücksichten abgesehen werden, und zwar um so mehr, da die Aufgabe der Uebungsarbeit nur die geometrische Seite des Problemes betraf.

Sowohl die ursprünglichen Documente der auf dem

*) Auf Taf. 31 ist in Fig. 2 ein Profil des Tunnels gegeben, welches in dieser Weise erhalten worden ist.

Felde gemachten Aufnahme, als auch das ganze besprochene Rechenwerk ist bei der Direction des höheren technischen Institutes zu Mailand niedergelegt worden.

Wenn man die Schwierigkeiten des Terrains, die Kürze der Zeit, die Menge der gesammelten Unterlagen, die übergroße Zahl Deductionen, welche daraus zur Discussion des fraglichen Projectes oder anderer in dieser Localität auftauchender Projecte hervorgehen, geliefert werden, in Betracht zieht, so erhält man einen Ueberblick über die Vortheile, welche die neue Methode bezüglich der Geschwindigkeit, der Ersparniß und der Vollständigkeit der zur Ausarbeitung und Discussion von großen öffentlichen Bauten erforderlichen Unterlagen gewährt, und darf sich daher der Hoffnung hingeben, daß die neue Methode in möglichst kurzer Zeit an die Stelle der alten treten werde, wozu weiter Nichts erforderlich ist, als der ernstliche Wille. Für die Leichtigkeit der Handhabung kann schon das als Beweis gelten, daß vierundzwanzig Alumnen, welche den Cursus der Schnellmeßkunst nicht gehört hatten, blos durch drei Vorlesungen genügend vorbereitet wurden, um die angegebene Arbeit ohne wesentliche Fehler ausführen zu können.

(Giornale dell' Ingegnere-Architetto ed Agronomo, Anno XIII.)

Chaubart's selbstthätige Schütze mit constantem Ausfluß bei verschiedenen Druckhöhen.

Nach den Annales des ponts et chaussées, 4. série, 4. année, 6. cah.

(Hierzu Fig. 1 bis 8 auf Tafel 29 und Fig. 1 bis 6 auf Taf. 30.)

Bericht des Herrn Schlösing, Ingenieur des ponts et chaussées.

Im Jahre 1855 legte Herr Chaubart der Administration ein Project zu einer selbstthätigen Schütze vor, welche mittelst eines besonderen Mechanismus bei variabeln Wasserständen einen constanten Ausfluß geben sollte, und in Folge dessen erhielten die Ingenieurs des Seitencanales der Garonne durch das Ministerium des Ackerbaues, des Handels und der öffentlichen Arbeiten Anweisung, mit dieser Schütze unter möglichst verschiedenen Verhältnissen und hinreichend lange Zeit hindurch Versuche anzustellen, um die Vorheile und Nachtheile dieser neuen Schütze praktisch kennen zu lernen.

Hierzu bedurfte man einer Oertlichkeit, wo längere Zeit hindurch drei Cubikmeter Wasser pro Secunde (so viel betrug die Ausflußmenge der Schütze) ohne Nachtheil weggeschlagen werden konnten, und wo überdies vor der Schütze der Wasserstand ohne Nachtheil für die Schifffahrt um 1 bis 1,5 Meter erniedrigt oder erhöht werden durfte, während das Bassin unterhalb der Schütze zwar mit dem Canal in Communication stehen, aber doch von den Schwankungen des Wasserstandes in den Schleusenkammern nicht berührt werden durfte.

Eine solche Localität fand sich bei den Schleusen Nr. 39 und 40 des Seitencanales der Garonne unmittelbar unterhalb des Brückencanales der Baise (Figur 1 und 2 Taf. 29). Die Schleusen Nr. 39 und 40 sind 238,2 Meter von einander entfernt; aber ein längs der Schleuse Nr. 40 hingehender Canal a verbindet die Schleusenkammern Nr. 39 u. 41. Die selbstthätige Schütze wurde an der Stelle der Schütze der Schleuse Nr. 39 (bei F im Grundrisse) eingebaut, so daß man mittelst der Schütze R bei der Schleuße 40 direct die Ausflußmenge derselben berechnen konnte, wenn in der Schleusenkammer Nr. 40, welche durch die Abzweigungen K und K' mit dem Canale a communicirt, der Wasserstand unverändert blieb. Durch Beobachtung des Wasserstandes in der Partie F R des Canales ließ sich direct constatiren, ob die Ausflußmenge constant blieb oder nicht, und da die behufs der Füllung des Canales bei F eingebaute Schütze nach G am Eingange des Canales versetzt worden war, so ließ sich der Wasserstand in dem Theile G F des Canales durch geschickte Stellung dieser Schütze beliebig reguliren. Da die Wasser aus dem Bassin Nr. 39 entnommen und nach dem Bassin Nr. 41 abgegeben wurden, so brauchte während der Dauer der Versuche blos das Bassin Nr. 40 mittelst der Schleusenthore Nr. 39 gefüllt zu werden, was für die Schifffahrt ohne allen Einfluß blieb, da dieses Bassin nur 238,2 Meter lang ist.

Chaubart's selbstthätige Schütze stützt sich auf Curven, welche auf einer in die Schleusenmauer eingelassenen Welle dergestalt befestigt sind, daß die Schütze beim höchsten Wasserstande vertical steht und die bestimmte Ausflußmenge giebt. Senkt sich der Oberwasserspiegel, so senkt sich auch der Mit-

telpunkt des Druckes, die Schütze legt sich und die Oeffnung vergrößert sich in dem Maaße, wie die Druckhöhe geringer geworden ist. Die Leitcurve muß so bestimmt sein, daß die Vergrößerung der Mündungsweite die Verminderung der Druckhöhe compensirt und die Ausflußhöhe constant bleibt, welche Neigung auch die Schütze annehmen mag, und dies ist das ingeniöse Princip, welches Herr Chaubart zu realisiren gesucht hat.

Die Schwierigkeiten der Ausführung bestehen: 1. in der Verzeichnung der Curve, welche die Bewegung der Schütze regulirt, 2. in der Verbindung der beweglichen Schütze mit dieser Curve und in der Verhinderung des Abrutschens oder Gleitens auf dieser Curve. Hr. Chaubart hat die Hülfsmittel, durch welche er seine Leitcurve verzeichnet, nicht angegeben. Die ersten probirten Schützen hatten Kreisbögen von 0,375 Meter Radius bei drei Cubikmeter Ausflußmenge, wenn das Wasser 2,5 Meter über der Sohle der zwei Meter weiten Oeffnung stand.

Im Anhange zu dem Berichte, welchen die Patentprüfungscommission (la commission des inventions) erstattet hatte, giebt Herr Bresse folgendes graphische Verfahren zur Verzeichnung dieser Curve an. Nennt man:

Q die gegebene Ausflußmenge pro Secunde,
l die Breite der Mündung,
a die Höhe derselben in der ursprünglichen Stellung,
h die Druckhöhe über der Sohle der Oeffnung,
μ den Auflußcoefficienten,
g die Intensität der Schwere,

so berechnet sich die Ausflußmenge nach der Formel:

$$Q = \mu l a \sqrt{2g\left(h - \frac{a}{2}\right)} \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

und es ergiebt sich zwischen h und a die Beziehung:

$$h = \frac{a}{2} + \frac{Q^2}{2g\,\mu^2 l^2 a^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Diese Gleichung enthält die Gleichförmigkeit des Ausflusses, welche die erste Bedingung des Problems ist. Als zweite Bedingung wird gefordert, daß die Resultirende des Wasserdruckes und Schützengewichtes durch den Punkt gehen soll, wo die Schütze die Leitcurve berührt.

In der anfänglichen Stellung A B der Schütze bestimmt diese Resultante R (Fig. 3, Taf. 29) den Anfang C der Curve. Um einen zweiten Punkt zu finden, setzen wir voraus, daß sich die Schütze um einen kleinen Winkel geneigt und die Stellung A′ B′ angenommen habe, wobei man annehmen kann, daß die Drehung um den Durchschnittspunkt der beiden Stellungen A B und A′ B′, um den Punkt E, stattgefunden hat. (In Wirklichkeit hat sich der Drehungspunkt auf dem kleinen Bogen C C′ von C nach C′ verschoben.) Man hat dann E B = E B′, woraus sich die Höhe a′ der neuen Oeffnung ergiebt und h aus der Gleichung (2) folgt. Man kennt also die Größe des Wasserdruckes, und da der Mittelpunkt dieses Druckes im dritten Theile der eingetauchten Höhe der Schütze liegt, so läßt sich die der Stellung A′ B′ entsprechende Resultante R′ construiren. Wenn die Entfernung E C nicht ziemlich gleich ist mit E C′, so muß man den Winkel B E C′ anders nehmen und den Punkt E höher legen, um die Construction der Resultante zu wiederholen und den zweiten Punkt C′ der Curve zu finden. In gleicher Weise werden alle Punkte dieser Curve bestimmt.

Die ersten, im August und November 1856 angestellten Versuche bezogen sich blos auf die Chaubart'sche Stützcurve, welche einem Bogen von 0,375 Meter Radius entsprach. Auf die Schütze wirkte ein System von Gegengewichten, um die constante Ausflußmenge zu sichern. Bei diesen Versuchen waren die Verbindungen K und K′ geöffnet und der Canal F R stand in Communication mit der Schleusenkammer Nr. 40, in welcher ein constantes Niveau stattfand, während das Oberwasser vor der beweglichen Schütze um 0,83 Meter hinabsank. Dieser Versuch (am 22. August 1856) dauerte drei Stunden und die beiden 0,7 Meter breiten Schützen bei R waren dabei auf 0,4 Meter Höhe gezogen. Nachdem beim fortwährenden Sinken des Oberwassers die untere Kante der beweglichen Schütze blos gelegt worden war, sank auch der Wasserspiegel im Canal und in der Kammer Nr. 40. Die Gleichförmigkeit der Wasserstände unterhalb der selbstthätigen Schütze bewies eine gleichförmige Ausflußmenge.

Zwischen den Versuchen vom 22. August und 26. November 1856 functionirte die selbstthätige Schütze mit einer für den Schleusenwärter störenden Regelmäßigkeit, indem dieser genöthigt war, diejenige Wassermenge, welche über die von der Schütze gegebene Ausflußmenge gebraucht wurde, durch die Schleusenthore hindurchzulassen.

Diese Resultate wurden durch die am 26. November 1856 angestellten Beobachtungen bestätigt. An diesem Tage ist der Wasserspiegel successiv um 0,8 bis 0,9 Meter gestiegen und gefallen, ohne daß sich der Wasserstand im Canale und dem Bassin Nr. 40 merklich geändert hätte. Da die Speisung durch die Schütze G fast aufgehört hatte, so sank der Wasserstand unterhalb der selbstthätigen Schütze im Canal F R und in der Kammer 40, indem die Schütze R stets Wasser nach Nr. 41 austreten ließ. Man fing die Speisung wieder an, indem man gleichzeitig die Kammer 40 anspannte, und man maaß die Steigung der selbstthätigen Schütze gegen die Verticale in fünf verschiedenen Stellungen. Die Rechnung ergab eine mittlere Ausflußmenge von 2,422 Cubikmetern, während bei der Schütze R blos 2,332 Cubikmeter berechnet wurden. Diese Wassermengen differiren sowohl untereinander, als auch von der beabsichtigten Ausflußmenge, jedoch schien, nach der Constanz des

Unterwasserspiegels zu urtheilen, die Ausflußmenge ziemlich constant gewesen zu sein.

Aus diesen Versuchen ließ sich folgern, daß die Chaubart'sche Curve schon ziemlich gut das Problem eines constanten Ausflusses löste, und daß die beobachteten Differenzen theils an der unvollkommenen Verzeichnung der Curve, theils an der ungenügenden Kenntniß der dieser Schütze zukommenden Ausflußcoefficienten zu erklären seien.

Auf den hierüber erstatteten Bericht, erhielt Hr. Chaubart als Ermunterung und als Entschädigung für seine Bemühungen während der Versuche vom Ministerium 2500 Francs ausgezahlt und es wurde ihm eine höhere Belohnung in Aussicht gestellt, wenn er seine Schütze noch weiter vervollkommnen und besonders die in Bezug auf die Aufhängung derselben und die Construction der Leitcurve noch vorhandenen Mängel glücklich beseitigen würde.

Hierdurch ermuthigt, brachte Herr Chaubart weitere Verbesserungen an und bat um Prüfung derselben, was auch Seiten des Ministeriums bereitwilligst zugestanden wurde.

Da zu diesen neuen Versuchen die Localität der früheren Versuche als sehr passend beibehalten werden konnte, und es nur wünschenswerth war, den Canal F R ganz vom Bassin Nr. 40 zu isoliren, um die Veränderungen des Wasserstandes unterhalb der selbstthätigen Schütze deutlicher wahrzunehmen, so brachte man in den Abzweigungen K und K' Schleusenthore an. Eine bei f angebrachte Scala gestattete das directe Ablesen des Wasserstandes vor der selbstthätigen Schütze, zwei andere Scalen bei f' und f'' die Beobachtung der Wasserstände unterhalb derselben. Nach der Schütze R ließ sich nunmehr genau das durch die bewegliche Schütze geflossene Wasserquantum berechnen, da jede Verbindung mit dem Bassin 40 abgesperrt war. Allerdings wäre die Anbringung eines Bassins oberhalb der selbstthätigen Schütze in Communication mit der Kammer 39 wünschenswerth gewesen, es würde aber 13,000 Francs gekostet haben, welcher Aufwand vermieden werden mußte.

Die neue Schütze des Herrn Chaubart hat folgende Dimensionen:

Weite des die Schütze aufnehmenden Durchlasses	2	Meter.
Höhe der Oeffnung in der ursprünglichen Stellung	0,36	"
Druckhöhe über der Schwelle der Mündung	2,50	"

Berechnete Wassermenge:

$$Q = 2{,}75 \,.\, 2 \,.\, 0{,}36 \sqrt{2{,}5 - \frac{1}{2} \,.\, 0{,}36} = 3{,}00 \text{ Cubikmet.}$$

Schwankung des Wasserstandes oberhalb	1,257	Meter.
Gewicht der Schütze	350	Kilogr.

Zu diesen neuen Versuchen wurde die aller Gegengewichte entledigte alte Schütze verwendet. Sie war am unteren Rande mit Bleimulden beschwert, um den Schwerpunkt hinabzurücken und möglichst der Aufhängungsaxe zu nähern. (Fig. 1 bis 5, Taf. 30.) Die Aufhängung war folgendermaaßen eingerichtet: Ein in die Schleusenmauern eingelassener Eisenstab A trägt die Schütze und zwei Leitcurven B, welche die Bewegung der Schütze reguliren und die Gleichförmigkeit des Ausflusses bewirken sollen. An diesen Curven ist ein Bügel C mit einem Auge befestigt, in welchem der Zapfen d ruht, durch welchen die Schütze mit den Curven verbunden ist. Dieser Zapfen greift in das gabelförmige Ende eines an der Schütze befestigten Ansatzes E, welcher das Auge C umschließt. In dem Maaße, wie sich die Schütze von der verticalen Stellung entfernt und der äußersten schiefen Lage von 46°, bei welcher sie zu wirken aufhört, nähert, durchläuft der Zapfen d die vordere Curve des Auges und eine Verdünnung des Auges C auf der Seite der Curve B gestattet dem inneren Bolzen des Zapfens d während der Bewegung der Schütze Unterkommen.

Wäre die Schütze in ihren verschiedenen Stellungen im Gleichgewicht, so würde der Zapfen nie auf die Curve drücken und wäre nur eine Vorsichtsmaaßregel, um zu verhindern, daß die Schütze bei einem Unfalle herabfiele. Dies ist aber nicht der Fall, wie wir sehen werden, und Herr Chaubart hat seine Leitcurven mit Zahnsectoren F versehen, in welche die Zähne der an der Schütze befestigten Zahnstange F' F' eingreifen, wenn dieselbe bis zu einem gewissen Grade schief zu stehen kommt, um den Zapfen vom Abfallen zu verhindern, wenn er an dem oberen Theile der ovalen Curve hingehen muß.

Wie schon oben bemerkt wurde, ist die Leitcurve die charakteristische Eigenthümlichkeit des Systemes und in ihrer Construction besteht die wahre Schwierigkeit der Versuche. Es schien wünschenswerth ein Mittel zu finden, diese Curve zu berechnen, ohne sich eines Probirverfahrens bedienen zu müssen, wie bei der Constructionsmethode des Herrn Bresse, und Herr Ingenieur Fargue hat sich der Bemühung dieser wissenschaftlichen Untersuchungen unterzogen. Wir theilen dieselben im Anhange mit. Unglücklicherweise ist die Differentialgleichung der Curve von der Art, daß sie sich nicht integriren läßt, aber Herr Fargue hat die Berührungspunkte der Schütze mit der Curve für die aufeinanderfolgenden Stellungen der Schütze von 2 zu 2 Graden bestimmt, und so die Chorden derselben gezogen, welche mit der Curve nahe zusammenfallen. Um diese Punkte zu finden, ist für den Ausflußcoefficienten μ ein Werth gewählt worden, wie ihn die Hydrauliker angeben.

d'Aubuisson setzt $\mu = 0{,}62$ bei Mündungen in der dünnen Wand, und Poncelet giebt bei geneigten Schützen Coefficienten, welche mit der Neigung variiren. Herr Fargue hat zwei Curven gezogen, wovon die eine einem con-

stanten $\mu = 0{,}62$, die andere dem Falle entspricht, wo bei senkrechtem Stande $\mu = 0{,}625$, bei der Neigung von 2 Basis auf 1 Höhe $\mu = 0{,}74$ und bei der Neigung von 45^0 $\mu = 0{,}8$ ist. Die Zwischenwerthe wurden nach einer parabolischen Function vom zweiten Grade berechnet, für welche die obigen drei Werthe bestimmend waren.

Die Versuche wurden also mit drei Curven vorgenommen: nämlich derjenigen von Chaubart, deren Verzeichnung Geheimniß des Erfinders ist, 2. derjenigen von Fargue nach der Hypothese eines constanten Ausflußcoefficienten $\mu = 0{,}62$ und 3. derjenigen von Fargue, welche unter Zugrundelegung der bezeichneten mit der Neigung variirenden Coefficienten erhalten wurde.

Auf das Nähere der Fargue'schen Construction brauche ich hier nicht einzugehen, da ich in dieser Beziehung auf seine Abhandlung verweisen kann; ich will jedoch einen Vorschlag erwähnen, den er bezüglich der Verhinderung des Abrutschens der Schütze gethan hat.

Auf die Schütze wirkt: 1. ihr eigenes Gewicht, dessen stets verticale Richtung durch ihren Schwerpunkt geht, 2. der Wasserdruck, dessen Richtung normal zur Schütze steht und durch den Berührungspunkt der Schütze und der Leitcurve hindurchgeht. Damit Gleichgewicht vorhanden sei, muß (Fig. 4, Taf. 29) die Resultante R dieser beiden Kräfte durch den Widerstand der Curve aufgenommen werden. Aber diese Resultante, welche zur Curve nicht normal steht, kann in zwei andere Kräfte N und T normal und tangential zur Curve zerlegt werden. Erstere Kraft N, welche den Gegendruck der Curve zerstört, bewirkt eine gleitende Reibung φ N (wenn φ der Reibungscoefficient ist), welche der Tangentialkraft T das Gleichgewicht halten muß, wenn die Schütze nicht fallen soll. Es muß also

$$\varphi N \geqq T$$

sein, und wenn β den Winkel bezeichnet, den die Componente N mit der Resultanten R bildet, so hat man

$$\frac{T}{N} = \operatorname{tg}\beta, \text{ also } \varphi \geqq \operatorname{tg}\beta.$$

Da nun der Coefficient φ für Gußeisen auf Schmiedeeisen $= 0{,}18$ ist, so hat man

$$\operatorname{tg}\beta \leqq 0{,}18 \text{ und } \beta \leqq 10^0\,12'\,14''.$$

Für alle kleineren Winkel ist die von der Reibung zwischen der Schütze und den Leitcurven entwickelte Kraft genügend, die Tangentialkraft T aufzuwiegen und das Abgleiten zu verhindern. Ist der Winkel zwischen R und N aber größer, so wiegt die Tangentialkraft vor und man muß Vorkehrungen zum Halten der Schütze treffen. Herr Chaubart hat dazu die erwähnten gezahnten Stangen angewendet, Herr Fargue hält dieselbe jedoch der dadurch erzeugten Reibungen wegen für unzweckmäßig, und läßt die Schütze mittelst zweier an der unteren Kante angebrachter Röllchen zwischen kleinen in die Wände eingelassenen Eisenbahnschienen laufen, welche nach der Evolvente der Leitcurven gekrümmt sind. Diese Schienen mögen die Rollcurven heißen.

Jeder der obigen beiden Hypothesen (constantes oder variables μ) entspricht eine andere Rollcurve, und sie lassen sich mittelst eingeschraubter Stifte einwechseln. Bei dieser Einrichtung braucht die selbstthätige Schütze nicht aufgehangen zu werden; ist sie nicht in Thätigkeit, so ruht sie auf den Rollcurven und auf Knaggen; drückt das Wasser dagegen, so drängt es die Schütze gegen die Leitcurven B und richtet sie auf, um sie in Thätigkeit zu bringen.

Fig. 6, Tafel 30, zeigt die verschiedenen bei den Versuchen verwendeten Curven.

- 1 1 ist die von Fargue unter der Annahme eines constanten Ausflußcoefficienten gefundene Curve,
- 2 2 die Curve, welche nach der Bresse'schen Construction bei constantem μ erhalten wird,
- 3 3 die von Herrn Chaubart angegebene Curve,
- 4 4 eine nach dem Bresse'schen Verfahren construirte Curve, bei welcher die durch die Versuche 18 bis 25 und 32 bis 38 gefundenen Ausflußcoefficienten benutzt wurden,
- 5 5 eine nach der Construction von Bresse bestimmte Curve, bei welcher $\mu = 0{,}605 + 0{,}002\,i - 0{,}000002\,i^2$ genommen wurde, wie es die Versuche Nr. 1 bis 17 ergeben haben,
- 6 6 die von Herrn Fargue unter Zugrundelegung der Formel $\mu = 0{,}625 + 0{,}285 \operatorname{tg} i - 0{,}11 (\operatorname{tg} i)^2$ construirte Curve.

Die Leitcurven B sind auf der Querstange A mittelst einer Platte R und zweier Bolzen befestigt, wie Figur 3, Tafel 30 zeigt. Als die Schütze vollendet und aufgestellt war, habe ich folgende Data über dieselbe aufgenommen:

Gewicht der Schütze	350,5	Kilogr.
Abstand des Schwerpunktes von der unteren Kante	0,515	Meter.
Abstand des (hinter der Schütze liegenden) Schwerpunktes von der Vorderseite	0,0282	„
Höhe der Schütze	2,154	„
Mündungshöhe bei verticaler Stellung	0,346	„
Abstand der Seitenmauern oder Weite der Mündung	2,012	„

Hiernach berechnet sich die Ausflußmenge:

$$Q = 2{,}75 . 2{,}012 . 0{,}346 \sqrt{2{,}327} = 2{,}919 \text{ Cubikmeter.}$$

Die Versuche konnten aber nicht in der von Herrn Chaubart vorausgesetzten Ausdehnung durchgeführt werden, indem es nicht möglich war, das Oberwasser bis an die

obere Kante der Schütze anzustauen, dieses vielmehr beim höchsten Stande noch 0,24 Meter tiefer stand. Es wurden mit der neu vorgerichteten Schütze acht Versuchsreihen abgeführt, ich werde jedoch nur von den letzten sieben sprechen, da die erste Reihe blos zur Auffindung der besten Methode diente. Bei jeder der sieben Versuchsreihen wurden die Wasserstände von 5 zu 5 Minuten oberhalb der Chaubart'schen Schütze an der Scala f und unterhalb derselben bei den ersten beiden Reihen an der Scala f', bei den letzten Versuchsreihen an der Scala f'' abgelesen. Ein an der oberen Kante der Schütze angebrachter Transporteur ließ gleichzeitig die Neigung derselben ablesen. Jeder Versuch bei einer verschiedenen Stellung der Schütze hat mehrere Stunden gedauert, während welcher Zeit man oberhalb und unterhalb der Schütze einen constanten Wasserstand zu erhalten suchte.

Die hier nicht mit abgedruckte Tabelle Nr. 1 zeigt erstens die Ablesungen an dem Transporteur und den Scalen, zweitens die Mittelwerthe dieser Ablesungen. Mittelst der Angaben des Transporteurs habe ich für jeden Versuch die Höhe der Mündung unter der Schütze und daraus die Ausflußmenge der selbstthätigen Schütze berechnet, welche sich dann mit den Angaben der Schützen R vergleichen lassen. Die Neigung der Schütze war auch noch mittelst der Unterschiede in der Höhe der obern und untern Kante der Schütze, welche durch Nivellement beobachtet wurden, bestimmt worden, aber dieses Verfahren gab wenig befriedigende Resultate und wurde aufgegeben.

Prüfen wir jetzt die Ergebnisse der sieben Versuchsreihen.

Erste Versuchsreihe. Chaubart's Curve; μ veränderlich.

Während der vier ersten Versuche zeigte das Niveau vor der selbstthätigen Schütze keine wesentlichen Schwankungen, was von der Regelmäßigkeit des Zuflusses herrührt. Die Schütze ist auf ziemlich regelmäßige Weise aus der ersten in die zweite Lage gerückt, jedoch schien dieselbe gegen das Ende des zweiten Versuches ihre Empfindlichkeit zu verlieren, woran theils die Reibung in den Zahnstangen Schuld gewesen sein kann, theils die Verstopfung durch Stroh, Späne und dergleichen, welche sich derartig zwischen die Schütze und die Mauren eingezwängt hatten, daß das Oberwasser bis zum Bloslegen der unteren Schützenkante gesenkt werden konnte, ohne daß die Schütze sich rührte. Schlüßlich fiel sie mit einem Schlage auf ihre Knaggen. Als diese fremden Körper herausgenommen waren, trat die Schütze wieder in regelmäßigen Gang. Die Reibungen der Zahnstangen waren während des vierten Versuches noch beträchtlicher und verminderten die Empfindlichkeit der Schütze sehr wesentlich.

Im Untergraben zeigte sich während der ersten beiden Versuche keine Schwankung, was eine constante Ausflußmenge anzeigt; beim dritten Versuche stieg der Wasserstand von 1,930 auf 1,939 Meter, und beim vierten Versuche auf 1,995 Meter, was beweist, daß die Ausflußmenge zunimmt, wenn die Schütze schiefer liegt, daß dieselbe also nicht ganz constant ist.

Bei der Berechnung der Ausflußmenge habe ich für μ die auf Seite 494 angegebenen variabeln Werthe eingeführt; sie steigen von dem ersten bis zum vierten Versuche von 2,850 bis 3,326 Cubikmeter. Die Höhe der Oeffnung hat aus den von Herrn Chaubart gelieferten Zeichnungen in kleinem Maaßstabe abgenommen werden müssen; die hierbei zu begehenden kleinen Fehler erklären indessen nicht die Zunahme in den Ausflußmengen, welche, nach der Schütze berechnet, constant bleiben sollten, wenn auch die Werthe von μ fehlerhaft wären. Diese Anomalie erklärt sich aber durch folgende Umstände. Erstens hat die Zahnstange nicht regelmäßig gearbeitet und die Schütze ist daher nicht genau ihrer Curve gefolgt, hat also nicht gut gespielt, und zweitens könnte wohl auch Herr Chaubart die variabeln Werthe von μ, welche Poncelet angiebt, außer Acht gelassen haben, was abnehmende Ausflußmengen geben würde. Kurz die Schütze arbeitete unregelmäßig.

Die nach Anhalten der Schützen R berechneten Ausflußmengen geben die wirkliche Ausflußmenge der selbstthätigen Schütze; die äußerste Differenz beträgt 35 Liter auf 2,638 Cubikmeter, also 1,3 Procent, und die Schwankungen über und unter dem Mittel belaufen sich nur auf 11 und 24 Liter oder 0,4 bis 0,9 Procent. Vergleicht man endlich die wirkliche anfängliche Ausflußmenge (2,638 Cubikmeter) mit der normalen (2,919 Cubikmeter), so zeigt sich, daß die Schütze zu wenig Wasser giebt; der bei der Berechnung der normalen Ausflußmenge benutzte Coefficient μ muß also zu groß sein. Die Messungen mittelst der Schützen R beweisen, daß die Schütze zwar nicht eine streng constante Ausflußmenge giebt, daß aber die Abweichungen trotz sehr verschiedener Druckhöhen und Neigungen nur gering sind.

Erste Versuchsreihe. Fargue'sche Curve. μ variabel.

Um die Rollcurven des Herrn Fargue anbringen zu können, mußte das Oberwasserbassin nahezu trocken gelegt werden. Das nachher zugelassene Wasser hat zunächst die Schütze gegen die Leitcurven gepreßt, so daß sich dieselbe aufrecht stellte (1° Abweichung von der Verticalen). Während der Versuche 5 und 6 war die Schütze sehr empfindlich, weniger so während der Versuche 7 und 8, was an kleinen Zweigen und Strohhalmen lag, die sich, wie beim Demontiren beobachtet wurde, zwischen die Röllchen der Schütze und die Rollcurven eingezwängt hatten.

Die Ausflußmenge der selbstthätigen Schütze ist nach der directen Berechnung während der Versuche 5 und 6 ziemlich constant gewesen (2,7 und 2,709 Cubikmeter), verminderte sich beim 8. Versuche (auf 2,668 Cubikmeter) und stieg beim 9. Versuche (auf 2,742 Cubikmeter), so daß die Schütze demnach nicht nach dem Gesetze ihrer Stützcurve functionirt hat. Die beim 7. Versuche eingetretene Verminderung der Ausflußmenge erklärt sich durch die zwischen die Röllchen und die Rollcurven gekommenen fremden Körper, die Vermehrung des Ausflusses beim 8. Versuche dürfte sich aber nur durch die Annahme erklären lassen, daß die Röllchen bei ihrer Bewegung auf den Curven keinen regelmäßigen Gang haben, und daß die verschiedenen, vom Wasser mitgeschleppten Unreinigkeiten die Schütze an der richtigen Einstellung hindern.

Die aus der Stellung der Schützen R berechneten Ausflußmengen zeigen vom 5. bis zum 7. Versuche eine Abnahme (von 2,582 bis 2,334 Cubikmeter) und steigen beim 8. Versuche auf 2,344 Cubikmeter; der Mittelwerth ist 2,427 Cubikmeter, und es zeigt sich aus Allem, daß die Werthe von μ sehr rasch wachsen müssen. Wenn μ wächst, so muß, da der Oberwasserspiegel unverändert bleibt, der Querschnitt oder die Höhe der Mündung sich vermindern, wenn die Ausflußmenge constant bleiben soll; wenn dagegen μ abnimmt, so muß die Höhe der Schützenöffnung größer werden. Da nun die Ausflußmengen der selbstthätigen Schütze in Wirklichkeit abnehmen, statt constant zu bleiben, so muß die Mündungshöhe der Schütze für jeden Versuch geringer gewesen sein, als sie sein sollte, und die Werthe von μ müssen größer gewesen sein.

Die wirkliche Ausflußmenge der Versuche 5 bis 8 der ersten Reihe (2,582 Cubikmeter) ist noch geringer als die vorausberechnete (2,919 Cubikmeter), man hat also bei der Rechnung einen zu großen Ausflußcoefficienten angewendet.

Die Leit- und Rollcurven des Herrn Fargue geben somit keine entsprechende Lösung der Aufgabe.

Curve des Herrn Fargue, bei constantem μ.

Während der Versuche 9 bis 12 mit den unter Zugrundelegung eines constanten μ verzeichneten Leitcurven stieg der Wasserstand hinter der selbstthätigen Schütze in einer Weise, daß man befürchten mußte, das Wasser werde über die Schleusenthore bei K und K' und über die Schütze bei R treten; es wurde deshalb beim 12. Versuche die rechte Schütze in dem Thore R um 0,1 Meter mehr gezogen, so daß sie 0,556 Meter Mündungshöhe hatte, und hieraus erklärt sich das plötzliche Sinken des Wasserstandes an der Scala f' beim 12. Versuche.

Die nach der selbstthätigen Schütze berechneten Ausflußmengen vermindern sich während der Versuche 9 bis 12 von 2,756 auf 2,646 Cubikmeter, anstatt constant zu bleiben. Die Schütze hat also nicht gut gewirkt, ist vielmehr in ihrer Bewegung gehemmt gewesen. Da die Verzeichnung der Leitcurven nach mathematischen Regeln und sehr genau ausgeführt ist, so rühren diese Fehler nicht davon her, daß der Werth von μ etwa nicht richtig, sondern davon, daß die Rollen fortwährend durch Unreinigkeiten gehemmt sind.

Die nach Anhalten der Schützen R berechneten wirklichen Ausflußmengen wachsen von dem 9. bis zum 12. Versuche von 2,708 auf 2,877 Cubikmeter, was sich schon aus dem Steigen des Unterwasserspiegels erkennen ließ. Die Ausflußmenge würde sogar noch größer gewesen sein, wenn die Schütze sich hätte frei bewegen können, was aber nicht der Fall war. Statt constant zu sein, nahmen sie zu, woraus folgt, daß die dem Coefficienten μ beigelegten Werthe zu rasch abnahmen, und da man dafür einen constanten Werth angenommen hatte, so ergiebt sich, daß μ in Wirklichkeit nicht constant sein kann, sondern mit der Abweichung der Schütze von der Verticalen wächst.

Die anfängliche Ausflußmenge (2,708 Cubikmeter) ist übrigens kleiner als die erwartete, so daß aus den bereits erwähnten Gründen der Anfangswerth von μ zu hoch gegriffen sein muß.

Ueberblickt man die erste Versuchsweise, so sieht man, daß die drei versuchten Arten von Curven nicht völlig befriedigt haben. Die Chaubart'sche hat die regelmäßigste Ausflußmenge gegeben, bei den beiden Fargue'schen Curven sind beträchtlichere Abweichungen gefunden worden, aber keine von allen drei Curven hat eine der vorausgesetzten Ausflußmenge nahekommende Ausflußmenge geliefert.

Zweite Versuchsreihe. Curve des Herrn Bresse.

Es wurde nun eine zweite Versuchsreihe mit Leit- und Rollcurven vorgenommen, welche nach der Bresse'schen Construction unter Zugrundelegung des constanten Coefficienten $\mu = 0{,}62$ verzeichnet waren. Berechnet man die Ausflußmengen nach der selbstthätigen Schütze, so erhält man keine constanten Mengen. Die Bewegung der Schütze gegen die Leitcurven folgt nicht dem Gesetz ihrer Construction, woran die Röllchen schuld sind.

Berechnet man die Ausflußmengen nach den Schützen R, so wachsen sie beständig vom 13. bis zum 17. Versuche (von 2,672 auf 2,924 Cubikmeter), ein neuer Beweis dafür, daß die Werthe von μ mit dem Winkel wachsen, welchen die Schütze mit der Lothlinie einschließt. Auch ist die anfängliche Ausflußmenge (2,672 Cubikmeter) geringer, als beabsichtigt.

Da die Rollcurven solche Nachtheile besitzen, so mußte an ihrer Stelle eine Art der Aufhängung gesucht werden, welche der Schütze eine regelmäßige Bewegung gestattete, außerdem mußten aber auch für μ noch genauere Werthe berechnet werden.

Nun kennt man durch die Schütze R genau die jedem Versuche entsprechende Ausflußmenge Q, und diese Ausflußmenge berechnet sich bei der selbstthätigen Schütze durch die Formel $Q = \mu s \sqrt{2gh}$, worin s, 2 g und h bekannt sind. Es ließen sich also aus den Versuchen der ersten Reihe die Werthe von μ ermitteln, was für 16 Versuche (der 14. Versuch ist nicht anwendbar, weil man den Winkel i nicht kennt) geschehen ist und Folgendes ergeben hat:

Curve von Chaubart.	Curve von Fargue, μ variabel.	Curve von Fargue, μ constant.	Curve von Bresse, μ constant.
$i = 3^0$, $\mu = 0{,}592$	$i = 1^0$, $\mu = 0{,}620$	$i = 6^0$, $\mu = 0{,}617$	$i = 3^0$, $\mu = 0{,}599$
$i = 15^0$, $\mu = 0{,}617$	$i = 15^0$, $\mu = 0{,}640$	$i = 19^0$, $\mu = 0{,}649$	$i = 15^0$, $\mu = 0{,}629$
$i = 26^0$, $\mu = 0{,}632$	$i = 23^0$, $\mu = 0{,}658$	$i = 31^0$, $\mu = 0{,}658$	$i = 25^0$, $\mu = 0{,}645$
$i = 42^0$, $\mu = 0{,}636$	$i = 34^0$, $\mu = 0{,}667$	$i = 43^0$, $\mu = 0{,}690$	$i = 36^0$, $\mu = 0{,}670$.

Die Werthe von μ sind nicht nach den Elementen der Tabelle (Nr. 6. der Beilagen) berechnet worden, da die in derselben aufgeführten Ausflußmengen nach den bei der dritten Versuchsreihe wirklich abgenommenen Maaßen corrigirt worden waren, während bei den ersten Rechnungen nur die aus den Werkzeichnungen abgestochenen Maaße zu Grunde gelegt werden konnten. Sieht man von den unterstrichenen Werthen ab, welche in Folge eines begangenen Irrthums für die Curve nicht benutzbar erscheinen, so erhält man zwischen i und μ folgende Gleichung:

$$\mu = 0{,}605 + 0{,}002\, i - 0{,}000002\, i^2$$

und nach dieser Gleichung ist auf die Bresse'sche Methode eine neue Curve construirt worden, bei welcher die Schütze mittelst messingener Bänder aufgehangen war.

Diese Werthe sind, wie gesagt, ungenau, sie wurden aber durch die Wirkung der Rollcurven noch mehr gefälscht, indem die Reibung der Röllchen die Schütze gewöhnlich steiler stehen und den Winkel gegen die Verticale kleiner ausfallen ließ, als wenn die Schütze ihrem Gewichte und dem Wasserdrucke frei hätte folgen können. Da die Mündungshöhe zu gering ausfiel, so sind die berechneten Werthe zu groß. Es ließ sich direct nachweisen, daß die Winkel i kleiner ausfielen, als sie sein sollten, wenn man dieselben mit den gleichen Druckhöhen entsprechenden theoretischen Winkeln in den Tabellen des Herrn Fargue verglich.

Neue Werthe von μ, wie sie von einer zweckmäßig aufgehangenen Schütze beobachtet wurden, werden uns später genauere Werthe liefern. Die Messingstreifen hatten 80 Millimeter Breite und 0,6 Millimeter Stärke; sie waren 18 Monate in Gebrauch, ohne die geringste Abnutzung zu zeigen.

Dritte Versuchsreihe.

Wenn man bei der dritten Versuchsreihe von den Versuchen 18, 22 und 25 absieht, so fallen die nach der Mündung der selbstthätigen Schütze berechneten Ausflußmengen ziemlich constant aus; ihr Mittelwerth ist 2,720 Cubikmeter und die größte Abweichung beträgt 14 Liter oder 0,5 Procent, woraus sich wohl folgern läßt, daß die Art der Aufhängung mit Messingstreifen der Schütze eine solche Bewegung an ihren Leitcurven gestattet, daß eine constante theoretische Ausflußmenge gesichert ist, wenn für μ die bei der Construction der Leitcurve zu Grunde gelegten Werthe zugelassen werden. *)

Die mit der Schütze R gemessenen wirklichen Ausflußmengen zeigen bei den Versuchen 19, 20, 21, 23 und 24 ein Abnehmen, woraus sich folgern läßt, daß die Werthe von μ nicht constant sind, sondern mit dem Winkel der Schütze gegen die Verticale wachsen.

Die dem Winkel $i = 0$ und dem Ausflußcoefficienten $\mu = 0{,}605$ entsprechende normale Ausflußmenge ist

$$Q = 0{,}605 \,.\, 2{,}012 \,.\, 0{,}346 \sqrt{2g \,.\, 2{,}327} = 2{,}845 \text{ Cubikmeter,}$$

die wirklich beobachtete Ausflußmenge (2,505 Cubikmeter) ist aber stets geringer gewesen. Diese Thatsache hat sich bei allen Versuchen und nicht blos bei starken Neigungen der Schütze, sondern auch in der verticalen Stellung, wo der Coefficient μ für die selbstthätige Schütze, und die Schützen

*) Diese Aufhängungsmethode beschreibt der Oberingenieur des ponts et chaussées, Herr Couturier, in demselben Hefte der Annales folgendermaaßen: Sie besteht aus zwei schwachen Messingstreifen oder Bändern, welche einerseits an der Schütze, andrerseits an den Leitcurven befestigt sind. Dieselben wickeln sich um die Leitcurven auf, wenn die Schütze eine schiefe Stellung einnimmt und halten dieselbe in der Schwebe. Die Messingbänder müssen hinreichend dünn sein, damit ihre Steifheit die Bewegung nicht merklich beeinflusse; man kann sie aber auch so dünn nehmen, als hierzu erforderlich ist, weil man ihnen dann nur soviel mehr Breite zu geben braucht, daß ihr Querschnitt groß genug ist, um das Gewicht der Schütze tragen zu können. Eigentlich haben sie nicht das Gewicht der Schütze zu tragen, sondern blos die zur Richtung der Schütze tangentiale Componente der Resultante aus den beiden Kräften, denen die Schütze unterworfen ist, und diese Componente ist stets geringer, als das Gewicht der Schütze. Herr Schlösing hat unter Beibehaltung der vorher benutzten Curven die Stärke dieser Messingstreifen auf 0,6 Millimeter vermindert bei 0,08 Meter Breite und streng genommen wären schon 0,54 Millimeter Stärke genügend gewesen, da man dieses Metall mit 4,17 Kilogr. pro Quadratmillimeter belasten kann. D. Red.

R der nämliche sein sollte, wiederholt und diese Anomalie erklärt sich dadurch, daß dieser Coefficient mit der Breite der Schütze variirt, wie es die 4. und 5. Versuchsreihe darthut.

Aus den vorstehenden Versuchen geht also das negative Resultat hervor, daß die von Poncelet angegebenen Ausflußcoefficienten für geneigte Schützen bei Schützenöffnungen von 2 Meter Breite zu groß sind. Dieselbe Bemerkung kann auch hinsichtlich der verticalen Schützen gemacht werden. Bei den Schützen R kann man die Contraction im Morin'schen Sinne eine vollständige nennen; bei der selbstthätigen Schütze ist sie dagegen Null, da die Seiten der Mündung unmittelbar durch die Wände gebildet werden. Es müßte also der Ausflußcoefficient für letztere Schütze größer sein, als für die Schützen R, und doch findet das Gegentheil statt, wie die 4. und 5. Versuchsreihe beweisen.

Vierte und fünfte Versuchsreihe.

Während der vierten Versuchsreihe ist das volle Oberwasser gegen die selbstthätige Schütze getreten, welche nacheinander mittelst der Curven des Herrn Fargue (mit constantem und variabelm μ) und derjenigen des Herrn Bresse (mit constantem und variabelm μ) sowie mittelst Rollcurven geleitet war. Bei der fünften Versuchsreihe sind blos die auf ein variables μ begründeten Leitcurven von Bresse mit messingenen Streifen (durch welche die selbstthätige Schütze gehoben wurde) versucht worden.

Diejenigen Werthe von μ, welche durch die vier Versuche Nr. 26 bis 29 der vierten Reihe und durch die zwei Versuche, Nr. 30 und 31 der fünften Reihe bestimmt werden, variiren von 0,563 bis 0,571, Mittelwerth 0,566. Läßt man den Versuch 27 ausfallen, weil der Winkel der Schütze von 9° das Resultat fälschen kann, so beträgt der Mittelwerth nur 0,565. Somit ist der Ausflußcoefficient bei einer Mündung von 2 Meter Weite, 0,34 bis 0,329 Meter Höhe und bei 2,136 bis 2,031 Meter Druckhöhe über der Mitte der Mündung gleich 0,565. Die bedeutende Abweichung dieser Zahl von den allgemein angenommenen Werthen liegt wohl an der Verschiedenheit der Umstände, unter denen die Versuche angestellt worden sind. Die Mündungen, mit denen die Herren Poncelet und Lesbros beobachteten, hatten nur 0,2 Meter Breite, unsere Mündung ist 10 mal so breit, und da die Coefficienten dieser Hydrauliker bei wachsenden Mündungs- und Druckhöhen abnehmen, so wären die Coefficienten möglicherweise bis auf 0,565 gefallen, wenn diese Versuche bis zu 2 Meter Mündungsweite ausgedehnt worden wären *).

*) Diese Annahme ist nicht sehr wahrscheinlich. Denn nach Lesbros' Versuchen mit einer 0,6 Met. weiten Mündung sind die Ausflußcoefficienten bei dieser größer, als bei der Mündung von 0,2 Meter Breite. Vergl. Civilingenieur, Bd. III, S. 123 flgde. D. Red.

Nimmt man dies an, so ist noch die richtige Beziehung zwischen μ und i aufzusuchen. Hierzu giebt die dritte Versuchsreihe eine gewisse Zahl von Daten, und die sechste Reihe hat dieselbe noch um 7 Versuche (Nr. 32 bis 38) vermehrt, die unter gleichen Umständen mit den Versuchen Nr. 18—25 der dritten Reihe angestellt sind. Berechnet man die Ausflußmengen nach der selbstthätigen Schütze, so zeigt sich, daß dieselbe während dieser Versuche den Leitcurven richtig gefolgt sein muß, denn die Abweichungen übersteigen nicht 1 Procent. Die mittlere Ausflußmenge (2,732 Cubikmeter) ist etwas größer, sie übertrifft das Mittel aus den Versuchen Nr. 19, 20, 21, 23 und 24 der dritten Reihe um 12 Liter. Diese beiden Versuchsreihen beweisen also, daß die Methode der Aufhängung mit Messingbändern Nichts zu wünschen übrig läßt.

Nach den Schützen R ist die Ausflußmenge von der dritten Reihe (2,431 Cubikmeter) bis zur sechsten (2,527 Cubikmeter) gewachsen, was darin liegt, daß bei der sechsten Reihe die Bänder biegsamer und die Schütze empfindlicher gewesen ist, als bei der dritten, oder vielmehr darin, daß bei der sechsten Reihe die Mündungshöhen bei der Schütze R größer waren, als bei der dritten Reihe, so daß vielleicht der Coefficient μ kleiner zu nehmen gewesen wäre. Mit geringen Ausnahmen nehmen die Ausflußmengen der Schütze R vom Versuche 32 bis zum Versuche 38, wie bei der dritten Reihe ab, was wiederum beweist, daß die angenommenen Werthe von μ wirklich weniger rasch zunehmen, als Poncelet angiebt.

Wie bei der dritten Reihe ist die angenommene Ausflußmenge 2,845 Cubikmeter größer, als die wirkliche (2,578 Cubikmeter).

Bei der Berechnung der Werthe μ aus den Versuchen der dritten und sechsten Reihe habe ich die Nummern 18, 20, 22 und 23 der dritten Reihe, so wie Nr. 33, 35 und 36 der sechsten Reihe als abnorm weggelassen, hierauf habe ich durch Interpolation für jede der beiden Reihen Tafeln der den graden Gradzahlen 0°, 2°, 4° bis 34° entsprechenden Werthe von μ aufgestellt und hieraus endlich die Mittelwerthe gebildet, welche in nachstehendem Täfelchen stehen.

Winkel der Schütze gegen die Verticale i.	Ausflußcoefficient μ.	Winkel der Schütze gegen die Verticale i.	Ausflußcoefficient μ.
0°	0,560	18°	0,583
2	0,563	20	0,585
4	0,566	22	0,586
6	0,569	24	0,588
8	0,572	26	0,589
10	0,575	28	0,591
12	0,578	30	0,594
14	0,580	32	0,596
16	0,582	34	0,598

Siebente Versuchsreihe.

Setzt man bei $i = 0$ den Coefficienten $\mu = 0{,}56$, so erhält man $Q = 2{,}639$ Cubikmeter; ich habe nach vorstehenden Werthen von μ und für die Ausflußmenge 2,639 Cubikmeter nach dem Bresse'schen Verfahren eine neue Leitcurve construirt, während die Schütze durch Messingbänder gehalten wurde, und mit dieser Schütze eine siebente Versuchsreihe abgeführt, welche die vorigen bezüglich der Regelmäßigkeit der Bewegung der Schütze bestätigt, denn die Ausflußmenge hat nur von 2,538 bis 2,477 Cubikmeter geschwankt, so daß die Abweichungen vom Mittelwerthe nicht über 1,2 Procent betragen.

Die nach der Schütze R ermittelten Ausflußmengen haben von der Anfangsstellung an abgenommen, was beweist, daß die obigen Werthe von μ noch zu rasch mit der Neigung wachsen. Aber die ursprüngliche Ausflußmenge 2,666 Cubikmeter übertrifft die vorausgesehene (2,639 Cubikmeter) um 27 Liter oder 1 Procent, demnach ist der Werth $\mu = 0{,}56$ für die verticale Stellung der Schütze zu niedrig. Möglicherweise ist auch die Angabe 2,666 Cubikmeter zu hoch; nach dem Gesammtresultat der Messungen an der Schütze R ist dies wahrscheinlich, und dann würde die Differenz noch geringer sein.

Die Werthe der Coefficienten μ, welche aus der dritten und sechsten Versuchsreihe abgeleitet sind, wachsen noch zu stark, während gleichzeitig der Coefficient $\mu = 0{,}56$ für die Anfangsstellung zu klein zu sein scheint; sie nähern sich indessen doch so sehr der Wahrheit, daß zwei oder drei weitere Versuchsreihen genügen würden, um genaue Werthe von μ für zwei Meter Schützenbreite zu ermitteln. So lange aber diese Coefficienten nicht mit Sicherheit gefunden sind, kann man auch keine zuverlässig wirkende selbstthätige Schütze construiren. Auch bezüglich der verticalen Schützen von großen Breiten fehlen uns noch zuverlässige Coefficienten, was die Ergebnisse der Versuche unsicher macht. Hierdurch wird aber der Werth der Chaubart'schen Erfindung nicht geschmälert. Wenn die Hydrauliker zuverlässige Unterlagen geliefert haben werden, so wird Herr Chaubart auf Grund derselben solche Leitcurven zu construiren im Stande sein, daß ein constanter Ausfluß erzielt wird. Ungeachtet der gegenwärtigen Unwissenheit über die Größe des Coefficienten wird die Chaubart'sche Schütze zur Regulirung des Aufschlages für Mühlen, Fabriken, Canäle, Bewässerungen u. dergl. von großem Nutzen sein, da sie eine unausgesetzte Ueberwachung der Stellvorrichtungen erspart und unabhängig ist von der Intelligenz, dem Eifer und der Pflichttreue der Wächter.

Herr Chaubart hat bereits eine Schütze mit constantem Niveau erfunden*), welche selbstthätige variable Wassermengen ausströmen läßt, um Schwankungen im Oberwasserspiegel zu verhindern, eine Schütze, welche durch Decret des Ministeriums des Ackerbaues, des Handels und der öffentlichen Arbeiten vom 2. März 1855 approbirt worden ist und einen Dienst verrichtet, welchem die Mühlenbesitzer in der Regel sehr ungenügend nachkommen, nämlich die Oeffnung der Durchlässe, wenn Hochwasser eintritt. In Folge ihres Mechanismus neigt sich die Schütze mit constantem Niveau, wenn das Wasser steigt, richtet sich aber wieder auf, wenn das Wasser sinkt, und erhält somit ein constantes Niveau, so weit ihre Ausflußmenge dazu hinreichend ist. Diese Schütze wird, wenn sie allgemeinere Anwendung gefunden haben wird, die Wiesen vor den leider so häufigen Ueberschwemmungen schützen, die Fabrikbesitzer vor kostspieligen Processen sichern, und besonders den Zustand der Flußbetten verbessern.

*) Siehe d. Zeitschr. Bd. III, S. 80. D. Red.

Die neue Schütze mit constanter Ausflußmenge löst das umgekehrte Problem und sichert bei variabeln Druckhöhen eine constante Wassermenge, während jetzt die Nachlässigkeit und Unzuverlässigkeit der Arbeiter und das schnelle Anschwellen der Flüsse oft sehr störend sind. Diese Verdienste sind auch durch ministerielle Verordnung vom 26. April 1862 anerkannt worden, indem Herrn Chaubart eine Summe von 10,000 Francs zugesprochen wurde.

Theoretische Bestimmung der Leitcurve.

Von

Fargue, Ingenieur des ponts et chaussées.

Um die Bedingungen aufzufinden, unter welchen eine drehbare Schütze aufzustellen ist, damit sie bei variabelm Wasserstande eine constante Wassermenge giebt, setzen wir mit Bezug auf Fig. 5, Tafel 29.

H die Wassertiefe im Oberwasser über dem Boden,
a die Höhe der Oeffnung oder des Ausflußquerschnittes,
Q die Ausflußmenge pro Secunde,
l die Breite der Schütze,
α den Winkel, welchen die Schütze in einer gewisse Stellung mit dem Horizont bildet,
μ den Ausflußcoefficienten,

und haben alsdann:

$$Q = \mu l a \sqrt{2g\left(H - \frac{1}{2}a\right)} \quad . \quad . \quad . \quad (A)$$

Auf die Schütze wirken zwei Kräfte, nämlich

1. ihr Gewicht, welches immer im Schwerpunkte der Schütze vereinigt gedacht werden kann und vertical wirkt,
2. der Wasserdruck, welcher eine variabe Stärke, Richtung und Angriffspunkt besitzt.

Uebrigens setzen wir voraus, daß der Wasserdruck dem hydrostatischen Drucke gleich sei, was um so mehr geschehen

kann, da die Stärke der Schütze in der Richtung des ausströmenden Wassers nur gering ist. Diese Voraussetzung würde nicht zulässig sein, wenn das untere Ende der Schütze auf der Rückseite mit einem winkelrechten Ansatze B E von der anderthalbfachen Länge der Höhe a (Fig. 6.) versehen wäre, welcher wie ein Mundstück wirken und an die Stelle der Contraction V V eine Druckverminderung, also gewissermaaßen einen Druck von oben nach unten erzeugen würde.

Nehmen wir zunächst an, daß die Schütze aus einer ebenen Tafel von geringer Stärke besteht, so ist der Druck P gleich dem Gewicht einer Wassersäule von der Basis A B und der Höhe $\frac{1}{2}$ A C, also

$$P = \frac{l.AB.AC.\gamma}{2} = \frac{l\,(H-a)^2\gamma}{2\sin\alpha}, \quad . \quad . \quad (B)$$

wenn γ das Gewicht der Cubikeinheit Wasser bedeutet.

Der Angriffspunkt des Druckes P ist der Punkt H bei $\frac{1}{3}$ der Länge A B von B aus gerechnet und seine Richtung ist stets normal zur Schütze. Man kann sonach jederzeit graphisch diese Kräfte verbinden und die Richtung und Größe der Resultante bestimmen. Wenn der Durchschnittspunkt dieser Resultante mit der Schütze ein fester ist, so ist dieselbe im Gleichgewicht; wenn sich die Schütze also gegen ein materielles Widerlager stützt, welches eine solche Krümmung besitzt, daß die Schütze in allen Stellungen durch den Punkt M geht, so wird sie in allen Stellungen im Gleichgewicht sein. Man sieht sogleich, daß nur dann wirklich Gleichgewicht vorhanden sein wird, wenn die Resultante R mit der Normalen einen Winkel einschließt, der kleiner als der Reibungswinkel ist, außerdem wird sie das Bestreben zum Gleiten haben.

Die Ausführung einer Zeichnung in kleinem Maaßstabe von allen Stellungen der Schütze und der Curve der Punkte M bietet keine Schwierigkeiten. Herr Bresse hat dazu folgende Vorschrift gegeben:

Aus der Formel (A) ergiebt sich die Beziehung

$$H = \frac{1}{2}\,a + \frac{Q^2}{31{,}521\,a^2}$$

und diese drückt die Gleichförmigkeit des Ausflusses aus, was die erste Bedingung der Aufgabe ist.

Die zweite Bedingung ist die, daß die Resultante des Wasserdruckes und des Gewichtes der Schütze durch den Berührungspunkt zwischen der Schütze und der Curve gehen muß. In der ursprünglichen Stellung bestimmt diese Resultante R den Anfang C der Curve. Um einen zweiten Punkt zu finden, denken wir uns die Schütze um einen sehr kleinen Winkel geneigt, so daß sie die Stellung A′B′ (Fig. 7, Taf. 29) einnimmt. Hierbei kann man die Drehung als um den Punkt E, wo sich die beiden Lagen A B und A′B′ schneiden, vor sich gegangen betrachten. In Wirklichkeit hat sich der Drehungsmittelpunkt auf dem kleinen Bogen C C′ von C nach C′ verschoben. Nach unserer Annahme folgt: E C = E′C′ und hieraus ergiebt sich die Höhe der Schützenmündung a, während H aus obiger Gleichung zu berechnen ist. Man kennt nunmehr die Stärke des Wasserdruckes und kann die Resultante R′, welche der Stellung A′B′ zugehört, bestimmen. Der Durchschnitt dieser mit der Linie A′B′ giebt einen zweiten Punkt der Curve, und man construirt in dieser Weise die übrigen Punkte.

Wenn man aber zu einer Werkzeichnung in natürlicher Größe verschreitet, so stößt man auf bedeutende materielle Schwierigkeiten. Man muß auf der Zeichnung Größen messen, die kleiner als ein Millimeter sind, und auf Linien, welche mit Instrumenten verzeichnet sind, bei denen die Genauigkeit nicht bis auf ein Millimeter hinabgeht. Die Schnelligkeit, mit welcher H als Function von a variirt, läßt sehr bedeutende Fehler in der Bestimmung der Stellung des Oberwasserspiegels befürchten, was die Bestimmung des Druckes und folglich diejenige des augenblicklichen Rotationsmittelpunktes M unsicher macht. Deshalb haben wir ein Verfahren gesucht, welches von aller Construktion unabhängig ist.

Ist R ein augenblicklicher Rotationsmittelpunkt (Fig. 5) und neigt sich die Schütze um den sehr kleinen Winkel $\varDelta\alpha$ gegen den Horizont, so kann man $\varDelta\alpha$ so klein annehmen, daß der Punkt M ohne wesentlichen Fehler als Drehungsmittelpunkt angesehen werden kann. Ist $MB = \varrho$, so ist der Winkel B M B′ der Winkel $\varDelta\alpha$ und es wird der vom untern Ende der Schütze beschriebene Bogen B B′ ausgedrückt durch

$$BB' = \frac{\pi}{180}\,.\,\varrho\,\varDelta\alpha,$$

wenn α und $\varDelta\alpha$ in Bogenlängen angegeben sind. Bei dieser kleinen Verschiebung ist a in $a + \varDelta a$ übergegangen und man sieht, daß

$$\varDelta\alpha = B'D = BB'\,.\cos BB'D = \frac{\pi}{180}\,\varrho\cos\alpha\,\varDelta\alpha \text{ ist.}$$

Wenn sich dagegen der Winkel α um $\varDelta\alpha$ vergrößert, so nimmt a um $\varDelta a$ ab, die Zuwachse von α und a sind also von entgegengesetzten Zeichen und wir müssen schreiben

$$\varDelta\alpha = -\frac{\pi}{180}\,\varrho\cos\alpha\,\varDelta\alpha. \quad . \quad . \quad . \quad (C)$$

Man muß nun suchen ϱ als Function der beiden Variabeln a und α auszudrücken. Die Figur 5 giebt

$$\varrho \text{ oder } MB = HB - HM. \quad . \quad . \quad (D)$$

Nennt man die Differenz $H - a = z$ und den Winkel der Resultanten mit der Normalen zur Schütze β, so giebt das Dreieck O N R

$$\frac{ON}{NR} = \frac{\sin NRO}{\sin NOR}, \text{ oder}$$

$$\frac{P}{p} = \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\beta} = \cos\alpha + \frac{\sin\alpha}{tg\,\beta}, \text{ oder}$$

$$\mathrm{tg}\,\beta = \frac{\sin\alpha}{\frac{P}{p} - \cos\alpha}.$$

Nun ist nach Gleichung (B) $P = \frac{\gamma' l z^2}{2 \sin\alpha}$, folglich wird:

$$\mathrm{tg}\,\beta = \frac{\sin\alpha}{\frac{\gamma' l z^2}{2 p \sin\alpha} - \cos\alpha} = \frac{2\sin^2\alpha}{\frac{\gamma' l z^2}{p} - \sin 2\alpha}$$

und wenn man der Abkürzung halber $r = \frac{\gamma' l}{p}$ setzt,

$$\mathrm{tg}\,\beta = \frac{2\sin^2\alpha}{r z^2 - \sin 2\alpha}. \quad . \quad . \quad . \quad (E)$$

Betrachten wir weiter die Dreiecke OHM und OGH, so giebt Ersteres:

$$HM = OH . \mathrm{tg}\,\beta$$

und Letzteres:

$$OH = \frac{GH}{\mathrm{tg}\,\alpha},$$

also wird:

$$HM = GH \frac{\mathrm{tg}\,\beta}{\mathrm{tg}\,\alpha}.$$

Nun ist $GH = GB - HB$ und GB ist der Abstand des Schwerpunktes vom unteren Ende der Schütze. Nennt man diesen b, so wird

$$HM = (b - HB)\frac{\mathrm{tg}\,\beta}{\mathrm{tg}\,\alpha}$$

und da $HB = \frac{1}{3} AB = \frac{1}{3} \frac{z}{\sin\alpha}$ ist, so erhält man:

$$\varrho = HB - HM = \frac{z}{3\sin\alpha} - \left(b - \frac{z}{3\sin\alpha}\right)\frac{\mathrm{tg}\,\beta}{\mathrm{tg}\,\alpha}$$
$$= \frac{z}{3\sin\alpha}\left(1 + \frac{\mathrm{tg}\,\beta}{\mathrm{tg}\,\alpha}\right) - b\,\frac{\mathrm{tg}\,\beta}{\mathrm{tg}\,\alpha}.$$

Wenn man hierein den aus (E) gezogenen Werth von $\mathrm{tg}\,\beta$ substituirt, so wird endlich

$$\varrho = \frac{z}{3\sin\alpha}\left(1 + \frac{2\sin\alpha\cos\alpha}{r z^2 - \sin 2\alpha}\right) - b\,\frac{2\sin\alpha\cos\alpha}{r z^2 - \sin 2\alpha}$$
$$= \frac{z}{3\sin\alpha} . \frac{r z^2}{r z^2 - \sin 2\alpha} - b\,\frac{\sin 2a}{r z^2 - \sin 2\alpha}, \text{ oder}$$

$$\varrho = \frac{r z^2 . \frac{z}{3\sin\alpha} - b \sin 2\alpha}{r z^2 - \sin 2\alpha}.$$

Demnach giebt Gleichung (C)

$$\frac{\varDelta a}{\varDelta \alpha} = -\frac{\pi}{180}\varrho\cos\alpha = \frac{\pi}{180} . \frac{3 b \sin\alpha \sin 2\alpha - r z^3}{3 (r z^2 - \sin 2\alpha)\,\mathrm{tg}\,\alpha} . \; . \; (F)$$

Hierzu ist zu bemerken, daß z nur eine Function von a ist, denn aus der Gleichung (A) folgt:

$$H = \frac{a}{2} + \frac{Q^2}{2 g \mu^2 l^2 a^2}, \text{ also}$$

$$H - a = z = \frac{Q^2}{2 g \mu^2 l^2 a^2} - \frac{a}{2} \quad . \quad (G)$$

Die Gleichung (F) ist also eine Beziehung zwischen den Variabeln a und α und ihren Zuwachsen; sie ist nur dann streng richtig, wenn die Zuwachse unendlich klein sind, Gleichung (F) giebt mit andern Worten nur Näherungswerthe, wenn $\varDelta a$ und $\varDelta \alpha$ endliche Größen sind, und die wahre mathemathische Beziehung ist:

$$\frac{da}{d\alpha} = \frac{\pi}{180} . \frac{3 b \sin\alpha \sin 2\alpha - r z^3}{3\,\mathrm{tg}\,\alpha\,(r z^2 - \sin 2\alpha)}. \quad . \; (F')$$

Das ist eine Differentialgleichung des ersten Grades, welche, wenn man sie integriren könnte, a als Function von α geben würde; wir haben aber diese Integration nicht zu leisten vermocht.

Wir kehren also zur Gleichung (F) zurück und begnügen uns mit der Näherung, welche sie giebt, und welche um so größer sein wird, je geringer der Zuwachs $\varDelta \alpha$ ist. Da wir nur ein approximatives Integral geben können, so nehmen wir als Anfangsstellung die verticale Lage an, in welcher sich der Wasserdruck und die Lage des ersten Drehungsmittelpunktes bequem findet. Dieser erste Mittelpunkt ist eigentlich nur der Mittelpunkt für einen Augenblick, unsere Methode besteht aber darin, denselben für eine sehr kurze, aber endliche Zeit als bleibend anzusehen. Der erste Zuwachs $B_0 B_1$ (Fig. 8) ist der Cosinus versus des Drehungswinkels $B_0 M B_1$ oder $\varDelta a_0 = \varrho_0 (1 - \cos \varDelta\alpha)$. Hieraus kann man den ersten Werth von a berechnen, nämlich $a_1 = a_0 + \varDelta a_0$ und die Bedingung des constanten Ausflusses giebt den entsprechenden Werth von H_1, woraus wieder folgt $z_1 = H_1 - a_1$ und durch Substition in Gleichung (F) der Werth von ϱ_1. Dieser Werth führt weiter auf ϱ_2, ϱ_3 u. s. w., und sind diese Werthe von ϱ berechnet, so kann man sehr leicht die Curve der Punkte M verzeichnen.

Denn, da $M_0 B_0 = M_0 B_1$, so ist $M_0 M_1 = \varrho_0 - \varrho_1$ und eben so ist $M_1 M_2 = \varrho_1 - \varrho_2$ u. s. w. Ueberdies ist der Winkel $B_0 M_0 B_1$ bekannt, nämlich gleich $\varDelta\alpha$, was man für jede Stellung gleich groß nehmen kann; man hat also ein Polygon zu verzeichnen, dessen äußerer Winkel constant ist, und dessen Seiten man kennt. Dieses Polygon ist in die gesuchte Curve eingeschrieben, differirt aber von derselben um so weniger, je kleiner der Winkelzuwachs ist. Wäre er kleiner als jede gegebene Größe, so würden die Chorden $M_0 M_1$, $M_1 M_2$, u. s. w. zu Elementen ds der Curve und die Differenzen $\varrho_1 - \varrho_2$ zum Differential $d\varrho$ werden, man würde also $ds = d\varrho$ haben, was anzeigt, daß die Curve der Punkte M die Evolvente der Curve der Punkte B ist.

Die Gleichung (G) enthält den Ausflußcoefficienten μ, bezüglich dessen eine wichtige Bemerkung zu machen ist. Dieser Coefficient scheint mit der Neigung der Schütze variiren zu müssen, da nach Versuchen gefunden worden ist:

$\mu = 0{,}625$ bei verticaler Stellung, $\mu = 0{,}74$ bei der Neigung 1 Basis auf 2 Höhe und $\mu = 0{,}80$ bei der Neigung von 45^0 oder 1 Basis auf 1 Höhe. (Siehe Claudel, Formules et renseignements pratiques, 2. edit., pag. 101.) Sei nun i die Neigung der Schütze gegen die Verticale und μ eine unbekannte Function von i, so hat man

$$\text{für } \operatorname{tg} i = 0 \quad \mu = 0{,}625$$
$$\text{„ } \operatorname{tg} i = 0{,}50 \quad \mu = 0{,}74$$
$$\text{„ } \operatorname{tg} i = 1{,}00 \quad \mu = 0{,}80$$

und kann annehmen, daß eine parabolische Function vom zweiten Grade

$$\mu = A(\operatorname{tg} i)^2 + B \operatorname{tg} i + C$$

das Gesetz der Abhängigkeit ausdrücken werde. Die drei unbestimmten Coefficienten A, B, C bestimmen sich dann aus den Gleichungen

$$0{,}625 = C$$
$$0{,}74 = A\,\frac{B}{4} \cdot \frac{1}{2} + 0{,}625$$
$$0{,}80 = A + B + 0{,}625.$$

Man erhält leicht $A = -0{,}11$, $B = 0{,}285$, $C = 0{,}625$, und kann nun den einer jeden Neigung der Schütze entsprechenden Werth des Coefficienten μ berechnen.

Die Rechnungen sind nach folgenden zwei Hypothesen; nämlich:

1. constantes μ
2. variables μ

bei verschiedenen Neigungen durchgeführt worden. Um die Einrichtung solcher Tabellen verständlicher zu machen, wiederholen wir nochmals die zur Berechnung der Werthe ϱ, H und $\Delta\alpha$ dienenden Formeln.

Wenn der Winkel α von 2 zu 2^0 wächst, so wird die Gleichung (C)

$$\Delta a = -\frac{2\pi}{180}\,\varrho \cos\alpha.$$

Ferner ist:

$$\varrho = \frac{z}{3\sin\alpha} + \left(\frac{z}{3\sin\alpha} - b\right) \operatorname{tg}\beta \cos\alpha,$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\sin\alpha}{\frac{P}{p} - \cos\alpha},$$

$$\frac{P}{p} = \frac{\gamma l z^2}{2p\sin\alpha} = \frac{r z^2}{2\sin\alpha},$$

$$H = \frac{a}{2} + \frac{Q^2}{2g\mu^2 l^2 a^2}.$$

Die erste Tabelle*) enthält die Berechnungen für die Hypothese eines constanten μ, wobei die numerischen Daten $Q = 2{,}9$ Cubikmet., $l = 2$ Met., $\gamma = 1000$ Kilogr., $p = 360$ Kil., $b = 0{,}515$, $\frac{Q}{l} = 1{,}45$, $\frac{Q^2}{l^2} = 2{,}1025$, $\frac{Q}{2g\mu^2 l^2} = 0{,}2780165$, $r = \frac{\gamma l}{p} = 5{,}5555$ zu Grunde gelegt wurden.

Die zweite Tabelle*) umfaßt die Berechnung der Werthe von ϱ, H und $\Delta\alpha$ unter der Voraussetzung, daß der Coefficient μ nach dem Gesetze:

$$\mu = -0{,}11 \operatorname{tg}^2 i + 0{,}285 \operatorname{tg} i + 0{,}625$$

variire, wenn i den Winkel zwischen der Schütze und der Verticalen bezeichnet.

*) Wir glauben den Abdruck dieser Tabellen ersparen zu können, da die Rechnung keine besonderen Schwierigkeiten bietet. D. Red.

Ueber die bei der Vertiefung der zweiten Abtheilung des Canales von Arles nach Bouc angewendeten Baggervorrichtungen.

Von

Bernard, Ingenieur des ponts et chaussées.

Nach den Annales des ponts et chaussées, 4. sér., 4. ann., 6. cah.

(Hierzu Fig. 9—11 auf Taf. 29 u. Fig. 7 u. 8 auf Taf. 30.)

Die zweite Abtheilung des Canales von Arles nach Bouc besitzt eine Länge von 18563 Metern. Die Bodenbreite betrug früher 14,4 Meter und die Sohle lag 1 Meter unter dem Ebbespiegel. Da der Wasserstand 2 Meter betrug, so lag der Wasserspiegel der zweiten Abtheilung (bief) bei 1 Meter über dem Ebbespiegel. Die Ufer hatten eine Böschung von 2 Basis auf 1 Höhe und erhoben sich bis 3 Meter über dem Meeresspiegel bei Ebbe, wo sich der Leinpfad befand und hierauf folgte wieder bis zu 7 Meter über diesem Meeresspiegel eine Böschung von 2:1.

In diese zweite Abtheilung des Canales von Bouc nach Arles ergießen sich die Abzugsgräben der Sümpfe bei Arles und Baux, und da die Trockenlegung dieser Sümpfe nicht befriedigend gelungen war und sich ein Theil der zu cultivirenden Ländereien in übelem Zustande befand, weil sie theils noch zu oft unter Wasser gesetzt wurden, theils das Wasserniveau zu nahe unter der Oberfläche lag, so faßte man den Plan, das Fahrwasser in der zweiten Abtheilung des fraglichen Canales tiefer zu legen und bis zu 0,5 Meter über dem Ebbespiegel zu senken, war aber nun genöthigt, die Sohle dieses Canales bis zu 1,5 Meter unter dem Ebbestande, also um 0,5 Meter niederzugraben, wenn der Wasserstand für die Schifffahrt nicht beeinträchtigt werden sollte. Um diese Sohlenvertiefung zu bewirken, hat man die Ufer anzugreifen vermieden, und lieber die Sohlenbreite bis auf 12,4 Meter vermindert.

Man beabsichtigte Anfangs die aus dem Canale gewonnenen Massen über die Deiche, welche den Canal einfassen, zu stürzen, gestattete aber während der Ausführung dem Unternehmer, sie auf dem Leinpfade aufzustürzen, jedoch unter der Einschränkung, daß diese Erdmassen dergestalt ausgebreitet würden, daß die Leinpfade nach Vollendung der Arbeit in den gehörigen brauchbaren Zustand gesetzt wären.

Nach Vollendung der Arbeiten besitzt also der Canal am Boden, welcher bei 1,5 Meter unter dem Ebbespiegel liegt, 12,4 Meter Breite, und die 3 Meter breiten Leinpfade liegen bei 4 Meter über dem Ebbespiegel, während die Breite des Canales im Wasserspiegel (bei 2 Meter Wassertiefe) 20,4 Meter beträgt.

Die fraglichen Vertiefungsarbeiten wurden am 19. Mai 1859 den Gebrüdern Guissez-Sapin zu Villette-Paris zugeschlagen, im November desselben Jahres begonnen und im März 1862 vollendet. Es waren dabei zweierlei Massen zu gewinnen, wie durch die vorausgeschickten Bohrungen festgestellt war, nämlich Puddinggestein und Erde. An mancher Stelle lag bis zur Tiefe von 0,5 Meter kein Puddinggestein, an andern blos dieses Gestein, an noch andern fand man zu oberst Erde und darunter Pudding. Auch die Erdlage war nicht von gleichförmiger Beschaffenheit, bald war es ein feiner Thon von großer Cohäsion, bald eine sandige oder torfige Masse.

Der Puddingstein besteht aus Geschieben, die durch eine Gesteinsmasse unter sich verkittet sind. Die Geschiebe sind von verschiedener Größe; die größten Stücken besitzen 0,10 bis 0,25 Meter Axenlänge und wiegen 2,75 Kilogramme; es sind Kiesel- und Kalkstein-Geschiebe. Das Bindemittel ist durch einen kieseligen Cement zusammengekitteter Sand, und besitzt nicht überall dieselbe Festigkeit; manchmal ist der Cement hart und haftet fest an den Geschieben, an andern Stellen scheinen die Geschiebe blos unter den Sand gemengt zu sein, und im Allgemeinen kann man diesem Gesteine keine Homogenität zusprechen.

Bei der Erbauung des Canales von Arles nach Bouc hatte man in den beiden genannten Bodenarten Ausgrabungen auszuführen, welche in den Jahren 1829 bis 1833 vollendet wurden, und bei denen die Unternehmer mit 1,2 Franc für Ausgrabungen in Erde von 1 Meter über bis zu 1 Meter unter dem Ebbespiegel und mit 8,27 Francs für Ausgrabungen im Puddingstein bezahlt wurden. Diese Ausgrabungen waren von den Unternehmern mittelst Schöpfvorrichtungen im Trocknen in Kästen (par caissées) vorgenommen worden; die Erde wurde mit der Schaufel abgegraben und mit Tragen (bayard) bis zum Ablagerungsorte geschafft. Der Puddingstein mußte aber theils mit der Spitzhaue, theils mittelst Sprengen gewonnen und mittelst Tragkästen (bayard formant caisse) herausgeschafft werden.

Bei Entwerfung des Projectes der Vertiefung der fraglichen Canalstrecke hatten wir uns aber folgenden Plan gemacht. Die Erdmassen sollten mittelst eines vom Unternehmer zu stellenden Dampfbaggers gewonnen und aus dem Bagger in Kähne geschüttet werden, von wo sie mittelst Karren hinter die Deiche längs des Canales transportirt werden sollten. Der Puddingstein sollte nach Trockenlegung der betreffenden Canalstrecken durch den Unternehmer mittelst Sprengarbeit oder Spitzhaue gewonnen werden, und der Unternehmer sollte zu diesem Behufe zwei Kähne quer im Canale versenken und den Raum zwischen denselben auspumpen. Nach diesem Project waren die Kosten pro Cubikmeter bei Erde mit 1,6, bei Puddingstein mit 8,32 Francs veranschlagt.

Bei der Verdingung traten drei Concurrenten auf, von denen die beiden ersten, welche die eben angegebene Methode der Gewinnung befolgen wollten, nur sehr wenig an den Preisen nachzulassen offerirten, während der dritte, dem die Arbeit zugeschlagen wurde, besondere Gewinnungsmethoden für den Puddingstein und besondere Transportmethoden anzuwenden beabsichtigte, und dabei so viel billiger zu arbeiten hoffte, daß er um 11 Procent niedrigere Forderungen stellte. In Folge dieser Verdingung reducirte sich also der Preis pro Cubikmeter bei den Erdmassen auf 1,424 Franc, beim Puddingstein auf 7,405 Francs.

Bezüglich der Bedingungen, unter welchen diese Arbeiten auszuführen waren, wollen wir noch bemerken, daß das Wasser im Canale als vollkommen stillstehend angesehen werden kann, was von großer Bedeutung für das Gelingen der zur Ablösung des Puddingsteins projectirten Verfahrungsweise war.

Wir gehen nunmehr zur Beschreibung der von den Herrn Guissez-Sapin angewendeten Methode über. Zum Ausheben der Erdmassen wurde ein Dampfbagger angewendet, der von einem Kahne getragen wurde und aus einer

in der Axe des Kahnes aufgestellten und durch eine zwölfpferdige Dampfmaschine betriebenen Eimerkette bestand. Bezüglich dieses Baggers ist nichts Besonderes hervorzuheben, als daß die schiefen Bäume, welche die Kette stützen, von der an der Spitze des Gerüstes gelagerten Trommel, um welche die Eimer kippen, unabhängig sind. Diese Bäume können auf zwei mit dem Gerüste verbundenen schiefen Hölzern verschoben werden, welche eine beliebige Verlängerung der Tragweite der Kette und die Verrichtung des Baggerns in verschiedenen Tiefen gestatten. Ein Punkt aber, auf welchen wir die Aufmerksamkeit der Leser hinlenken müssen, ist die Methode, deren man sich bediente, um die mittelst der Eimerkette ausgebaggerten Massen außerhalb des Canales zu transportiren. Diese Massen wurden nämlich durch die Eimer wie gewöhnlich auf eine geneigte Bühne ausgeschüttet, welche sie einer zweiten Eimerkette zuführte. Letztere war eine Kette ohne Ende, welche sich um zwei an den Enden zweier paralleler starker Bäume gelagerte Trommeln wickelte und dabei über verschiedene an den Bäumen angebrachte Rollen glitt. Diese Leiter stützte sich mit dem einen Ende auf den Rand des Baggerschiffes, zu welchem Ende das Schiff eine durch die Bäume gehende Axe trug, um welche sich die Leiter in einer zur Längenaxe des Schiffes normalen Verticalebene drehen konnte. Das andere Ende der Leiter wurde durch starke Seile gehalten, welche am Gerüste des Baggers befestigt waren, so daß man durch Verlängerung oder Verkürzung dieser Seile der Leiter eine größere oder geringere Neigung ertheilen konnte. In der Mitte endlich stützten sich diese Bäume auf ein von einem Kahne, der neben dem Baggerschiffe lag, getragenes Gerüst.

Die an dem äußersten Ende der Leiter sitzende Trommel der Kette wurde durch eine Vaucanson'sche Kette in Bewegung gesetzt, welche selber von der Dampfmaschine betrieben wurde. (Vergl. Fig. 7 u. 8 auf Taf. 30.) Die blechernen Eimer waren von rectangulärer Gestalt, am Boden 0,8 Meter lang und 0,54 Meter breit, an den langen Seiten um 7 Centimeter ausgetrichtert, und 0,11 Meter tief. Sie standen sehr dicht hinter einander, nahmen die von der Bühne kommenden Massen auf und trugen sie bis zum Ende der Leiter, wo Letztere bei der Bewegung der Kette von selbst ausgeschüttet wurden und sich auf dem Leinpfade ablagerten. Der Abstand von dem Ende der Bühne, über welche die ausgebaggerten Massen rutschten, bis zum Ende der zum Weitertransport dienenden Leiter betrug 14 Meter. Von der Eimerkette des Baggers, d. h. von dem Punkte, wo die Ausförderung der Massen erfolgte, bis zum Ende der anderen Eimerkette war die Entfernung 16,4 Meter. Die Leiter der flachen Eimer, welche die Massen weiter transportirten, lag etwas geneigt gegen den Horizont; das über dem Leinpfade befindliche Ende lag nämlich 5,5 Meter höher, als das auf dem Baggerschiffe ruhende Ende, und die Leiter besaß demnach 0,393 Meter Fall pro Meter Länge.

Den Preis eines neuen derartigen Dampfbaggers kann man auf 65000 Francs abschätzen.

Diese Baggervorrichtung war kräftig genug zur Aushebung von Erdmassen, aber der Puddingstein konnte mit dieser Eimerkette nicht abgelöst werden. Der Unternehmer versuchte es, ihn vorher aufzulockern und dann die dabei gelösten Massen mit dem Bagger herauszuschaffen und diese Idee wurde mit Erfolg zur Anwendung gebracht. Das Auflockern des Puddingsteins wurde auf eine sogleich zu beschreibende Art und Weise bewirkt, so daß dann die zerkleinten Massen durch die Eimerkette des Baggers gehoben und in der schon beschriebenen Weise weiter bis auf den Leinpfad transportirt werden konnten.

Dieses Mittel bestand aber in Folgendem: Auf dem Baggerschiffe wurde (Fig. 9, 10 u. 11, Taf. 29.) ein verticaler Cylinder aufgestellt, in welchem sich ein Kolben bewegte, dessen Kolbenstange, durch eine im Boden des Schiffes angebrachte Oeffnung gleitend, bis ins Wasser hinabreichte und die Sohle des Canales berühren konnte. Am unteren Ende der Kolbenstange war eine starke Stahlspitze befestigt und der Cylinder wurde mit Dampf gespeist, welcher in einem auf dem Kahne stehenden Dampfkessel entwickelt wurde. Der Cylinder glitt an zwei verticalen Bäumen, an welchen er mehr oder weniger über die Wasserlinie erhoben werden konnte. Trat Dampf unter den Kolben, so stieg derselbe sammt Kolbenstange und daran angebrachter Stahlspitze in die Höhe, und ließ man den Dampf unten ausströmen, indem man zugleich Dampf oben eintreten ließ, so konnte man dadurch ein rasches Niederfallen des Dampfkolbens sammt Zubehör bewirken, was das Eindringen der Stahlspitze in den Puddingstein zur Folge hatte. Da das Schiff solid angeankert war und der Canal völlig ruhiges Wasser besaß, so konnte man das Schiff beliebig lange an derselben Stelle erhalten. Nach einem einmaligen Niederstoßen der Stahlspitze trieb man den Kolben durch darunter gelassenen Dampf wieder in die Höhe und ließ ihn nochmals fallen, wobei die Spitze ziemlich genau wieder dieselbe Stelle wie beim ersten Schlage traf. Durch mehrmalige Wiederholung erreichte man ein Eindringen der Spitze bis zu der gewünschten Tiefe von 0,5 Meter unter die Sohle des Canales. War dieses Resultat erreicht, so verschob man das Schiff um 0,3 Meter in der Richtung quer zur Axe des Canales, und stieß auf diese Weise nahe bei einander eine Reihe Löcher nieder, welche quer über das Canalbette ging. Nunmehr ließ man das Schiff in der Längenrichtung um 0,3 Meter vorrücken, und begann eine neue Reihe von Löchern quer über den Canal niederzustoßen. Diese Löcher standen also nach jeder Richtung hin 0,3 Meter von einander ab, und es genügte die bei dem Schlagen der

Löcher entstehende Erschütterung zur völligen Loslösung des Puddingsteines. Der Fels wurde zertrümmert; an manchen Stellen lösten sich die Geschiebe aus der Gesteinmasse, an anderen theilte sich der Puddingstein in Blöcke von verschiedener, höchstens 0,1 Cubikmeter betragender Größe.

Man ist nicht immer im Stande gewesen, die beabsichtigte Tiefe auf das erste Mal zu erreichen. Wenn der Fels zu hart war, hat man zunächst die oberste, 0,25 Meter starke Schicht zermalmt, und nach Beseitigung der Massen dann die untere Schicht angegriffen. An manchen Orten waren bis zu 800 Schlägen nöthig, um das Gestein bis zu 0,5 Meter Tiefe zu lockern.

Das Gewicht des Werkzeuges, welches die Zertrümmerung des Puddingsteins bewirkte, wurde allmälig vermehrt, bis man gute Resultate erzielte, und betrug zuletzt 920 Kilogramme für Kolben, Kolbenstange und Stahlspitze.

Der Cylinderdurchmesser maaß 0,25 Meter, der Kolbenstangendurchmesser 0,1 Meter; der Hub betrug 1,7 Meter, und die Zahl der Schläge oder Hübe pro Minute 24. Die Stahlspitze war 28 Kilogramme schwer, und es wurden täglich drei solcher Spitzen stumpfgeschlagen. Die beiden Apparate, deren man sich bediente, kosteten zusammen 55000 Francs, incl. Kähne und Dampfkessel.

Man ersieht aus dem Vorstehenden, daß die Herren Guissez-Sapin zur Gewinnung der Berge unter Wasser das Princip angewendet haben, dessen sich Bourdon bei der Construction der in den metallurgischen Etablissements üblichen Dampfhämmer bediente. Der Versuch ist vollkommen gelungen, obschon das Gestein, welches sie zu zerkleinern hatten, hart genug war; sie befanden sich aber auch insofern in ausnahmsweise günstigen Verhältnissen, als das Wasser, auf welchem der Apparat schwamm, vollkommen ruhig stand, und die Wassertiefe über dem zu zermalmenden Felsen nur eine geringe war. Erstere Bedingung dürfte in den meisten Canälen anzutreffen sein; schwieriger wird man sie in Flüssen und fast nie auf dem Meere erfüllt finden. Wäre aber das Wasser bewegt, so würde die Spitze nicht immer in dasselbe Loch treffen, und wenn der Kahn merkliche Schwankungen erfahren hätte, so daß die Richtung der Kolbenstange wesentlich von der Lothlinie abgewichen wäre, so würde der Stoß der Stahlspitze gegen das Gestein gewiß oft Unordnungen und Brüche im Apparate herbeigeführt haben. Auch würde bei größerer Tiefe des Wassers, bei 5 Meter Wassertiefe z. B., die Kolbenstange Biegungen und Verdrehungen erfahren haben, welche leicht den Apparat außer Ordnung gebracht haben könnten.

Wir haben bezüglich der beschriebenen Arbeiten nur noch zu berichten, welche Beschleunigung die Anwendung der Baggervorrichtung und des Zerstampfungsapparates in die Ausführung der Arbeiten gebracht hat, und wie sich die Preise für Gewinnung von Boden und Puddingstein gestaltet haben.

Die Beseitigung des anstehenden Bodens hat 179 Tage Arbeit (à 12 Stunden effective Arbeitszeit) erfordert, in welcher Zeit 96202,8 Cubikmeter Boden entfernt worden sind; es sind also mit der Baggervorrichtung durchschnittlich 537,45 Cubikmeter Erde pro Tag hinweggeräumt worden. Es gab aber freilich viele Tage, wo wegen schlechten Wetters, Eis und Reparaturen still gehalten werden mußte; die Zahl der Tage des Stillhaltens beträgt in der Zeit, wo Boden ausgebaggert wurde, im Ganzen 138,5, was 43,4 Procent von der ganzen aufgewendeten Zeit ausmacht.

Der Gestehungspreis pro Cubikmeter ausgebaggerte Erdmasse beträgt 0,292 Franc. Hierin sind begriffen:

Löhne	0,218 Franc	oder	75 Procent,
Steinkohle	0,060 „		20 „
Verschiedenes	0,014 „		5 „
	0,292 Franc		100 Procent.

In diesem Preise ist weder die Verzinsung des Anlagscapitales, noch die Abnutzung und der Reparaturaufwand für die Apparate enthalten. Ebensowenig enthält er die Kosten für die Ausbreitung der auf den Leinpfad ausgeschütteten Massen, welche auf 0,1 Franc pro Cubikmeter geschätzt werden müssen, noch die Kosten der Wiederheraushebung der in den Canal gerollten oder bei der Arbeit des Baggerns selbst in's Wasser gefallenen Erdmassen, welche mit 0,04 Franc pro Cubikmeter ausgebaggerte Erdmassen angesetzt werden können.

Der Preis des Cubikmeters losgelösten Puddingsteines beträgt 2,42 Francs und zerfällt in folgender Weise:

Löhne	1,423 Franc	oder	59 Procent,
Steinkohle	0,730 „		30 „
Verschiedenes	0,260 „		11 „
	2,420 Francs	oder	100 Procent.

Hierin sind Zinsen für das Anlagscapital, Abnutzung und Reparaturaufwand für die Apparate nicht mit inbegriffen.

Die Zerkleinerungsapparate haben durch Feiern 49,3 Procent der auf diese Arbeit verwendeten Zeit verloren. Das Feiern entstand theils durch die häufigen Reparaturen, welche am Apparate nöthig wurden, theils in Folge der Versuche, welche der Einrichtung dieser Arbeit vorausgingen, theils in Folge schlechten Wetters.

Der zerkleinerte Puddingstein wurde beschriebenermaaßen durch den Dampfbagger zu Tage gefördert und es waren hierzu 156,5 Tage à 12 Stunden Arbeitszeit erforderlich. Der Bagger hat also täglich 110,27 Cubikmeter losgelösten Puddingstein beseitigt, obschon dabei viele Störungen vorgekommen sind. Die Zahl der Tage, wo in Folge von Reparaturen oder schlechtem Wetter gefeiert werden mußte, betrug 83, was 34,5 Procent der ganzen aufgewendeten

Zeit ausmacht. Das gesammte ausgebaggerte Volumen betrug 17257,11 Cubikmeter und der Preis stellt sich pro Cubikmeter auf 1,247 Franc, nämlich:

Löhne	0,933 Franc oder	75 Procent,
Steinkohlen	0,251 „	20 „
Verschiedenes	0,063 „	5 „
	1,247 Franc	100 Procent.

Man beachte, daß bei der Ausbaggerung des Puddingsteines die Löhne, das Brennmaterial und die Rubrik Verschiedenes ganz gleich hohe Procente der Gesammkosten ausmachen, als bei der Ausbaggerung von Erde, sowie daß das Baggerschiff bei der Ausbaggerung des zerkleinten Puddingsteines weniger Zeitverluste gehabt hat, als bei der Erdgewinnung; dies erklärt sich dadurch, daß die Ausbaggerung des Puddingsteines in der bessern Jahreszeit und zu einer Zeit vorgenommen worden ist, wo die Unternehmer an ihren Apparaten alle Verbesserungen angebracht hatten, welche ihnen die Erfahrung an die Hand gegeben hatte. Uebrigens ließ man den Baggerapparat in dem gelösten Puddingstein viel langsamer, als bei Erdmasse arbeiten, und zwar aus Besorgniß vor möglichen Brüchen, welche nicht ausgeblieben sein würden; hiernach ist auch erklärlich, warum die in einem Tage ausgebaggerte Puddingsteinmasse viel kleiner ist, als die gebaggerte Erdmasse.

Addirt man die Kosten der Zerkleinerung des Puddingsteines zu denjenigen der Ausbaggerung, so findet man, daß der Cubikmeter gewonnener Puddingstein 3,667 Francs zu stehen gekommen ist, worin die Kosten der Geräthe und der Aufwand für Herrichtung des Leinpfades, auf welchem die Massen abgelagert worden waren, nicht mit begriffen ist.

Folgende Tabelle zeigt diese Details übersichtlich.

Art der Arbeit.	Geförderte Masse in 12 Stunden Arbeitszeit. Cubikmeter.	Zeitverlust in Proc. der ganzen Zeit.	Gestehungskosten pro Cubikmeter in Francs.				Verhältnißmäßige Kosten.			Bemerkungen.
			Löhne.	Brennmaterial.	Verschiedene Gegenstände.	Summe.	Löhne. Proc.	Brennmaterial. Proc.	Verschiedenes. Proc.	
Ausbaggern von Erdmasse . . .	537,45	43,40	0,218	0,060	0,014	0,292	75	20	5	(a)
Zerkleinerung des Puddingsteines .	22,125	49,30	1,423	0,730	0,267	2,420	59	30	11	
Ausbaggerung des Puddingsteines .	110,27	34,50	0,933	0,251	0,063	1,247	75	20	5	
Beseitigung des Puddingsteines . .	„	„	2,356	0,981	0,330	3,667	„	„	„	

a) Die Kohle kostete 32 Francs pro Tonne. Die Zerkleinerung des Puddingsteines geschah mittelst zweier, nicht ganz gleich starken Apparate und die hier angeführten Zahlen beziehen sich auf die gleichzeitige Anwendung dieser beiden Apparate.

Wenn man diese Gestehungskosten mit den Preisen vergleicht, welche die Unternehmer gezahlt erhalten haben, so findet man sehr große Differenzen zu Gunsten der Letzteren, was am besten beweist, daß die bei der Vertiefung des Canales von Arles nach Bouc angewendeten Methoden unbestreitbare Vortheile gewährt haben. Indessen darf man nicht übersehen, daß die in vorstehender Uebersicht aufgeführten Ansätze weder die Interessen der Anschaffungskosten, noch die Abnutzung des Materiales, noch die Reparaturkosten, noch das Risico (faux frais) des Unternehmers enthalten. Wir sind nicht im Stande gewesen, von dem Unternehmer hierüber genauere Angaben zu erlangen, sind aber überzeugt, daß man unter Berücksichtigung aller dieser Ausgabeposten etwa folgende Preise erhalten würde:

0,85 Franc pro Cubikmeter beseitigter Boden,
6,00 „ „ „ Puddingstein.

Wir verkennen nicht, daß die Angaben, welche wir mitzutheilen im Stande sind, nicht vollständig genug sind, haben aber trotzdem sie der Veröffentlichung für werth gehalten, da sie unsern Collegen von Nutzen sein können.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem elften Bande des

Civilingenieur.

№ 8.

Literatur.

Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik von Dr. phil. Julius Weisbach, königlich sächsischer Bergrath und Professor an der königlich sächsischen Bergakademie zu Freiberg, Ritter des königlich sächsischen Verdienstordens und des kaiserlich russischen St. Annenordens II. Classe, correspondirendes Mitglied der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, Ehrenmitglied des Vereins deutscher Ingenieure, sowie correspondirendes Mitglied des Vereins für Eisenbahnkunde u. s. w. Vierte verbesserte und vervollständigte Auflage. Zweiter Theil: Statik der Bauwerke und Mechanik der Umtriebsmaschinen. 3. bis 6. Lieferung. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn. 1865.

In diesen beiden Doppellieferungen wird zunächst die Theorie der Holz- und Eisenconstructionen beendigt, ein Kapitel, bei welchem wir nicht nur schöneren und zahlreicheren Holzschnitten, sondern auch einigen wesentlichen Zusätzen begegnen. Dann folgt der Abschnitt über die Anwendung der Mechanik auf die Kraftmaschinen, dessen erstes Kapitel namentlich durch die Theorie des Schönemann'schen Horizontal-Dynamometers bereichert worden ist, während im dritten Kapitel unter Anderem ein wichtiger Zusatz über die Staucurve und über die Drucklinie bei Röhrenleitungen hervorzuheben ist. Bei den so vorzüglich behandelten Wasserrädern finden sich natürlich nur kleinere Ergänzungen und Berichtigungen, jedoch ist das fünfte Kapitel, welches von den horizontalen Wasserrädern handelt, aber hier nur begonnen wird, durch einen interessanten und für den kleinen Gewerbebetrieb wichtigen Vorschlag, nämlich eine sogenannte Strahlturbine bereichert, welche zwar keine brillanten Nutzeffecte erwarten läßt, aber sich übrigens höchst bequem erweisen dürfte. Als besonderer Vorzug der neuen Auflage ist hervorzuheben, daß die Zahlenbeispiele sämmtlich neu berechnet und zu möglichster Correctheit gebracht worden sind.

Der Maschinenbau von F. Redtenbacher, Doctor der Philosophie, großherzoglich badischer Hofrath, Commandeur des Ordens vom Zähringer Löwen, Ritter des St. Olafs- und des St. Stanislausordens II. Klasse, Director der großherzoglich polytechnischen Schule und Professor des Maschinenbaues in Karlsruhe. Dritter Band. Mit XXIII lithographirten Tafeln. Mannheim-Heidelberg. Verlagsbuchhandlung von Friedrich Bassermann. 1865.

Als Herausgeber dieses letzten Bandes von Redtenbacher's Maschinenbau nennt sich Herr J. Hart, welcher auch bereits bei den ersten beiden Bänden das Wesentliche der technischen Ausführung und Anordnung besorgt hat. Es enthält dieser dritte Band den Locomotivbau, den Bau der Dampfschiffe und einen kurzen Abriß über die Bergwerksmaschinen und es ist leider, namentlich beim dritten Abschnitte, ziemlich deutlich zu bemerken, daß der Herr Verfasser nicht selbst die letzte Hand an sein Werk zu legen im Stande gewesen ist; indessen sind die unsere Leser am meisten interessirenden Abschnitte über den Bau der Locomotiven und Dampfschiffe mit genügender Ausführlichkeit behandelt. Der Name des Verfassers überhebt uns übrigens eines näheren Eingehens auf die Art der Behandlung und den Werth des Gebotenen.

Die Bewegungs-Mechanismen. Darstellung und Beschreibung eines Theiles der Maschinen-Modell-Sammlung der polytechnischen Schule in Karlsruhe von F. Redtenbacher, großherzoglich badischer Hofrath und Director an der polytechnischen Schule in Karlsruhe. Neue Auflage. Mit 80 lithographirten Tafeln. I. Lieferung. Mannheim 1860. Verlagsbuchhandlung von Friedrich Bassermann.

Eine vollständigere und schöner gezeichnete Sammlung der Bewegungsmechanismen als die vorliegende dürfte die gesammte technische Literatur nicht aufzuweisen haben. Das erste Heft bringt auf 20 Tafeln die Stirn- und Kegel-, Zwischen- und Zahl-, Schrauben-, elliptischen und unrunden Räder, Differentialbewegungen, Uebersetzungskurbeln, Rädergehänge, Riemenvorgelege, Expansionsrollen, Conusbewegungen, Kettenvorgelege, Kurbelübersetzungen und Schleifen, kurz eine Sammlung von geschmackvoll und richtig construirten Bewegungsmechanismen, welche für polytechnische Anstalten, Maschinenbauer und Constructeurs, sowie zum Selbststudium von hohem Werthe und besonders unter Zuhilfenahme des I. Bandes von des Verfassers Maschinenbau, in welchem dieser Abschnitt sehr vorzüglich abgehandelt ist, in hohem Grade belehrend sein wird.

Die Entwässerung des Blocklandes im Gebiete der freien Hansestadt Bremen. Bremen 1864.

Unter diesem Titel veröffentlicht Herr Baudirector Berg in Bremen eine ausführliche Darstellung der Erörterungen

und Untersuchungen, welche einer der größten Trockenlegungsanlagen der neueren Zeit, der Entwässerung des sogenannten Blocklandes, eines ca. 47000 Morgen umfassenden Landstriches bei Bremen zwischen der Weser und Wumme, vorausgegangen sind, und giebt die Beschreibung der nach Einholung der Gutachten der berühmtesten in- und ausländischen Sachverständigen definitiv beschlossenen und ausgeführten Entwässerungsanlage, welche auf 13 instructiv und schön gezeichneten Tafeln im Detail dargestellt ist. Da schließlich auch die wirklichen Kosten dieser Anlage mitgetheilt und mit den Voranschlägen verglichen werden, so giebt diese Schrift ein höchst lehrreiches Beispiel für ähnliche Ausführungen, welches um so willkommener ist, als die Literatur über ähnliche Anlagen eine sehr beschränkte ist. Das Hebewerk besteht aus einer Dampfmaschine mit zwei horizontal liegenden doppelt wirkenden Cylindern, welche vier Fijnje'sche Pumpen bewegt, und ist in allen Theilen mit großer Sorgfalt studirt. Wir enthalten uns hier näherer Angaben darüber, da wir im nächsten Hefte bei Gelegenheit der Beschreibung eines dabei mit in Frage gekommenen anderweiten Planes ausführlicher darauf zurückkommen werden.

Skizzenbuch für den Ingenieur und Maschinenbauer. Eine Sammlung ausgeführter Maschinen, Fabrik-Anlagen, Feuerungen, eiserner Bau-Constructionen, sowie anderer Gegenstände aus dem gesammten Gebiete des Ingenieurwesens. Bearbeitet und herausgegeben von F. K. H. Wiebe, Professor und ordentlichem Lehrer der Maschinenkunde am königlichen Gewerbe-Institut und an der königlichen Bau-Akademie in Berlin, Ingenieur und Mühlenbaumeister. Heft 37 bis 41. Jahrgang 1865, Heft 1 bis 5.

Heft 1 des laufenden Jahrganges dieser beliebten Sammlung bringt die Zeichnungen einer stehenden Dampfpumpe und einer horizontalen, nach Art der Corliß-Maschinen gelagerten Dampfmaschine aus der Borsig'schen Maschinenbauanstalt in Berlin, eines Mahlganges mit Beutelmaschine für landwirthschaftliche Zwecke von Eckard in Berlin, einer Schiffsmaschine für ein Panzerschiff von Humphrey und Tennant in Deptford und einer überdeckten Getreidehalle aus Berlin.

Heft 2 enthält Zeichnungen eines Dampfhammers mit 40 Ctr. schwerem Hammer, einer hydraulischen Presse für Oelmühlen, einer Graupenspaltmaschine und einer Umsteuerung mit variabler Expansion.

Heft 3 enthält die von C. Hummel in Berlin gebaute Dampfpumpe im königlichen Schlosse in Berlin mit ca. 15 Cubikfuß Lieferung pro Minute, die derselben Fabrik patentirten Doppel-Frictions- und Roll-Kalander, und die patentirten Dampf-Centrifugen der genannten Fabrik.

Heft 4 ist dem großartigen neuen Körnermagazin des königlichen Proviantamtes zu Berlin gewidmet, welches nach den Entwürfen des geheimen Oberbaurathes Fleischinger ausgeführt worden ist, und

Heft 5 enthält die Zeichnungen der großen neuen Bierbrauerei von Miller u. Comp. in St. Petersburg, welche nach Angabe des Directors Schottländer von F. A. Egells in Berlin eingerichtet worden ist.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang XV, 1865, Heft 1 bis 6. (Schluß.)

Schwedler, über schmiedeeiserne Feuerkisten bei Locomotiven. — Nach den Erfahrungen mit 17 schmiedeeisernen Feuerkisten, welche auf verschiedenen preußischen Eisenbahnen gesammelt worden sind, vertragen derartige Feuerkisten hauptsächlich nicht schlechte Speisewasser, was sich daraus erklärt, daß der Kesselstein besser an Eisen, als an Kupfer haftet, und daß das Eisen vermöge seiner geringen Wärmeleitungscapacität die Temperaturunterschiede weniger rasch ausgleicht, daher schädliche Spannungen erfährt. Eiserne Feuerkisten scheinen deshalb nur bei geringen Spannungen, also auch geringen Blechstärken, und bei guten Speisewassern anwendbar zu sein.

Circularverfügung über die Kesselproben. — Die Probe braucht in Zukunft in Preußen nur mit dem zweifachen Betrage des dem Drucke der beabsichtigten Dampfspannung entsprechenden Gewichts vorgenommen zu werden, was mit kaltem oder heißem Wasser geschehen kann. Uebrigens muß jeder Kessel ein Speiseventil und zwei zuverlässige, von einander unabhänge und allein genügende Speisevorrichtungen besitzen. Die Druckprobe ist vor der Einmauerung vorzunehmen und muß nach Reperaturen, welche in der Maschinenfabrik ausgeführt werden, sowie nach Translocationen feststehender Kessel in andere Betriebswerkstätten wiederholt werden.

Schmick, schmiedeeiserne Bogenbrücke über die Lahn in Ems. — Aus Schönheitsrücksichten ist für dieses Bauwerk das Bogenbrückensystem gewählt worden und es besteht diese Brücke aus zwei Oeffnungen von 27 Meter Spannweite und 1,95 Meter Pfeil bei 9 Meter ganzer Breite. Der Oberbau zeigt 7 Bogenträger in 1,5 Meter Abstand von einander, welche im Querschnitt Iförmig gestaltet und im Scheitel (ohne die obere und untere Deckplatte) nur 0,3 Met. hoch sind. Auf ihnen liegen dicht nebeneinander Brückenschienen, deren Zwischenräume mit Ziegeln ausgemauert sind; darauf kommt eine Betonschicht mit eingewalztem Schotter. Die Herstellungskosten betrugen 46000 Thaler und das Eisen-Gewicht des Oberbaues 4041,15 Ctr.

Schleusenthore neben dem beweglichen Wehre der Monnaie in Paris. — Um diese ganz aus dünnem Eisenblech construirten Thore gut zu conserviren, sind sie aus übereinanderliegenden, hinten offenen Halbcylindern von 0,5 Meter Durchmesser gebildet, welche an jedem Ende durch Eisenbleche verbunden und durch vier verticale Riegel versteift sind.

Hipp, Stromkratzmaschinen und Stromcorrectionen. — Ein sehr gewöhnliches Hinderniß bei Stromregulirungen sind die Sand- und Kiesablagerungen, welche entweder im Strombette entstanden oder Ueberbleibsel von Inseln und dergleichen sind. Ihre Beseitigung setzt die Kenntniß der Ursachen ihres Bestandes voraus; ist der Grund dazu eine zu große Profilweite, so muß man diese einengen, sind Seitenströmungen an Einmündungen von Nebenflüssen und dergleichen die Veranlassnng, so muß man diese Einmündungen und die

Uferhöhen gehörig reguliren, ist zu starke Stromkrümmung die Veranlassung, so sind Durchstiche anzuwenden. Meist werden aber durch derartige Correctionsbauten die bestehenden Ablagerungen nicht beseitigt, sondern diese müssen ausgebaggert, oder sonst durch besondere Auflockerungsmaschinen entfernt werden. Baggermaschinen sind dazu zu theuer, und die gewöhnlichen Anker oder Kratzen sind sehr ungenügend, weil ihre Leistung nicht zu controliren möglich ist, und weil sie den vor den Zinken gefaßten Kies eher fest zusammendrücken, als lockern. Die hier beschriebene Kratzmaschine hat dagegen eine sehr zweckmäßige Einrichtung, indem die auflockernden Messer die Kiesbänke von unten an wie Grabscheite abarbeiten. Die Kratzwelle trägt sieben Scheiben à 8 Messern und wird durch ein Wasserrad in Umdrehung gesetzt, liegt übrigens auf einer Art verstellbaren Leiter. Kratzvorrichtung und Wasserrad befinden sich in dem Zwischenraume zwischen zwei Tragschiffen, welche durch einen stromaufwärts versenkten Anker am Forttreiben gehindert werden, sich aber mechanisch stromaufwärts bewegen. Die Kratzwelle macht am Rhein 2 bis 3 Umgänge mit 10 Meter Peripheriegeschwindigkeit pro Minute und der Apparat rückt in der Minute 0,33 Meter vor, wobei er täglich 100 Quadratmeter Kiesfeld auf 0,3 Meter Tiefe ausgräbt und jährlich nur 450 Thaler Kosten verursacht. Die Anschaffungskosten betrugen 7000 Thaler.

Malberg, das Gestänge der schlesischen Gebirgsbahn. — Die Schienen dieser Bahn sind 5″ hoch, 21′ lang und besitzen 22,66 Pfd. Gewicht pro laufenden Fuß bei 6,9 Quadratzoll Querschnitt. Der Schienenkopf ist $2^1/_4$, der Fuß $3^7/_8$″ breit, der Steg 7‴ dick. Das Obertheil des Kopfes ist eben, nach den Seiten abgerundet und wird durch Abschrägungen in den Steg übergeführt. Eben solche Abschrägungen finden sich am Fuße und die Laschen schließen sich demgemäß keilförmig an. Sie sind 3″ $5^1/_4$‴ hoch, in der Mitte 6‴ stark und 17″ lang. Die vier 11‴ weiten Schraubenlöcher sind so vertheilt, daß die äußersten $1^1/_2$″ von den Enden, die mittleren aber $4^1/_4$″ von einander abstehen. Die Laschenbolzen sind 10‴ stark, am einen Ende mit einer 6eckigen Mutter, am andern mit einem ovalen Kopfe versehen und haben $9^1/_2$ Gänge pro Zoll. Der ovale Kopf legt sich beim Anziehen der Schrauben zwischen zwei an die Laschen angewalzte Rippen. Die Schienenlöcher sind 13‴ hoch und 14‴ lang. Die Schienen werden von eichenen Querschwellen in 3′ Abstand von einander getragen; die Stoßschwellen, auf welchen unter den Schienen noch eine $7^5/_8$″ breite, 7″ lange und $^3/_8$″ starke Unterlagsplatte mit einer $^3/_8$″ tiefen und 4″ weiten Rinne zur Aufnahme des Schienenfußes liegt, sind 12″ breit, 6″ hoch und 9′ lang, die Zwischenschwellen 10″ breit, 6″ hoch und 8′ lang. Die Schwellenschrauben sind $^{11}/_{16}$″ stark und drücken unter der Schwelle auf $^1/_4$″ starke, $2^1/_2$″ breite und 7″ lange Gegenbleche, oben mittelst 3″ langer, $^3/_8$″ starker und 2″ 5‴ breiter Oberbleche und Unterlagen von Asphaltfilz auf den Schienenfuß. Auf den Zwischenschwellen sind die Schienen mit zwei Hakennägeln von 6″ Länge und 7‴ Dicke befestigt. Franco Kohlfurt wurden die Schienen mit $4^1/_6$, die Laschen mit $3^1/_2$, die Oberbleche mit $4^1/_3$, die Unterbleche mit $4^2/_3$, die Hakennägel mit $4^8/_{15}$, die Laschenschrauben mit $5^{14}/_{15}$, die Schwellenschrauben mit $5^1/_3$, die Unterlagsplatten mit $3^9/_{15}$ Thaler bezahlt und es kostet demnach die laufende Ruthe Gestänge 24 Thlr. 20 Sgr. 2 Pf. bei 592,8 Pfd. Gewicht.

Schäffer, über Träger mit gekrümmten Rahmen. — Ausführliche theoretische Untersuchung, an welche sich als Beispiel die Berechnung der Haupttragerippen einer eingleisigen Brücke von 80′ Spannweite mit 8 Feldern und 10′ Lichthöhe bei 10 Ctr. Eisengewicht pro laufenden Fuß und 30 Ctr. mobiler Last anschließt. Die Gewichtsberechnung geschieht a für die theoretischen Stärken, b für gleiche Oberrahmen, Unterrahmen und Verticalen, c für gleiche Stärken bei allen Constructionstheilen und ergiebt

System	a	b	c.	
1. Parallelbalken	240	333	394	Ctr.
2. Einfacher Parallelbalken	256	297	299	„
3. Symmetrischer „	248	289	291	„
4. Bogenträger	246	286	293	„
5. Symmetrischer Bogenträger	246	263	288	„

Für die Ausführung sind also die unter 2 bis 5 angeführten Systeme die besten, obwohl keines einen besonderen Vorzug verdient.

Verhältniß der Dachhöhen bei verschiedenem Deckmaterial. — Graphische Darstellung, nach welcher Stroh- oder Rohrdächer $^1/_2$, Ziegeldächer $^1/_3$ bis $^1/_2$, Schieferdächer $^1/_6$ bis $^1/_3$, Zink- und Pappdächer $^1/_{12}$ bis $^1/_6$ der Gebäudetiefe zur Dachhöhe erhalten sollen.

Cords, Eissprengungen in der Oder. — Zu diesen Sprengungen bediente man sich hölzerner, mit Pech ausgegossener und nach der Füllung mit Pulver doppelt mit Bindfaden umwickelter und in geschmolzenes Pech getauchter Kästen von 2 bis 15 Pfd. Inhalt (3,92 bis 7,74 Zoll Seitenlänge des cubischen Kastens). An diesen Kästen befinden sich ein Paar Handhaben, welche auch zur Versenkung benutzt werden. Zur Zündung wendet man Granatenzünder, den galvanischen Strom- und Bickford'sche Zünder an. Erstere sind 4,9 Zoll lange hölzerne Büchsen mit einer 0,2 Zoll weiten Bohrung, in welcher zu unterst auf 1,8″ Länge ein Gemenge aus 51 Th. Salpeter, 17 Th. Schwefel und 32 Th. Mehlpulver, darüber aber auf 2,9 Zoll Länge eine blose Mehlpulversäule sich befindet. Diese Zünder sollen mindestens 15 Secunden Brennzeit haben und werden nachdem das untere Ende abgeschnitten ist, in den Pulverkasten gesteckt, dann richtet man Alles zur schleunigen Versenkung des durch einen Stein beschwerten Kastens vor, zündet an und schiebt den Kasten so tief als möglich unter das Eis. Leider sind derartige Zünder oft nicht zuverlässig genug gewesen, weshalb man zu der vollkommen sicheren galvanischen Zündung griff. Hierzu braucht man eine Patrone, welche bei den Sprengungen an der Oder aus Holz gefertigt und derartig eingerichtet war, daß die untersten Enden der Kupferdrähte, welche durch einen feinen Platinadraht verbunden waren, in einem mit sogenanntem österreichischen Satz (1 Th. chlorsaures Kali auf 1 Th. Schwefelantimon) gefüllten Raume lagen. Die Kupferdrähte der Batterie wurden mit den Drähten der Patrone durch Klemmschrauben verbunden. Billiger und weniger umständlich sind die Bickford'schen Zünder, welche 30 Secunden Brennzeit pro laufenden Fuß besitzen und durch ein Loch im Deckel des Sprengkastens bis ins Pulver gesteckt, dann mit Werg, Harzkitt, Bindfaden und Pech verdichtet werden. 2 bis 3 Pfd. Pulver thaten gar keine Wirkung, 5 bis 10 Pfd. zertrümmerten etwa 5 bis 6′ mächtige Eismassen, 10 bis 15 Pfd. Pulver waren für 8 bis 10′ starkes Eis erforderlich und bewirkten eine Zerspaltung der Decke auf 25 bis 30′ im Umkreise.

Auf jede Quadratruthe weggesprengtes Eis von 5 bis 10' Dicke kam $^1/_6$ Tagewerk und $2^2/_5$ Pfd. Pulver.

Menz, über Wasserstationen auf Bahnhöfen. — Mittheilung einiger eigenthümlichen Beobachtungen an Brunnen auf Bahnhöfen, aus welchen zu folgern sein dürfte, daß Brunnen in losem Sande, welche viel Wasser geben sollen, so weit zu machen sind, daß die Wassermasse wenigstens 3 Stunden braucht, um erneuert zu werden.

Malberg, allgemeine Vorschriften über die Verlegung des Oberbaues auf der schlesischen Gebirgseisenbahn. — Ein für ähnliche Gebirgsbahnen wohl zu beachtendes Regulativ.

Römer, über gewelltes Zinkblech. — Gewelltes Zinkblech von der Vieille Montagne wiegt pro Quadratfuß Nr. 12 1 Pfund $9^1/_2$ Loth, Nr. 13 1 Pfund 14 Loth und kommt in Tafeln von 75 × 28" mit sieben $1^1/_3$" hohen Wellen in den Handel. Die Tafeln übergreifen sich blos, ohne gelöthet zu werden, werden alle 3' gestützt und mittelst angelötheter Heftbleche oder Oehrchen befestigt.

Balthasar, die Correction des Rheins von Basel bis zur großherzoglich hessischen Grenze. — Auf der ganz verwilderten Strecke längs der französischen Grenze, wo der Strom ein Gefälle von $^1/_{2500}$ bis $^1/_{1000}$ hat und bei Hochwasser 8 bis 12' Geschwindigkeit annimmt, ist die Länge von 28,89 auf 24,58 Meilen gekürzt und das badische Ufer durch 17,66 Meilen Uferbauten gedeckt worden, wodurch ca. 25000 Morgen nutzbares Land gewonnen und der Wasserspiegel um 5' gesenkt wurde. Auf der längs der Pfalz liegenden Rheinstrecke ist die Länge von 18,38 auf 11,5 Meilen abgekürzt, das Gefälle auf $^1/_{10000}$ bis $^1/_{5000}$ die Flußbreite auf 80 Ruthen regulirt, der Wasserspiegel um 7,5 badische Fuß gesenkt und 3000 Morgen an cultivirbarem Land gewonnen worden.

Jüttner, über die Dachsteine der Gebrüder Gilardoni zu Altkirch am Oberrhein. — Von diesen $7^3/_5$" breiten, 16" langen Dachsteinen, welche auf 13" weite Lattung gelegt werden, gehen 15 Stück, welche 13 Sgr. kosten, auf 1 Quadratmeter Dachfläche, welches nur 80 Pfd. wiegt.

Schwedler, über Blechträgerbrücken. — In Beantwortung einer dem Fragkasten entnommenen Frage wird erklärt, daß es besser sei, den Stoß der Bleche des Hauptträgers zwischen zwei Querträger fallen zu lassen, weil andernfalls der Hauptträger nicht in der Fabrik fertig gemacht werden könne.

Weishaupt, über die Entwässerung größerer Viaducte. — Man muß auch bei Etagenviaducten der Entwässerung durch den Scheitel den Vorzug geben, da Wasserabzugsrohre kaum dicht herzustellen sind. Wenn es geschehen kann, ist es noch besser, das Tagewasser bis an die Enden des Bauwerkes fortzuführen.

Grund, über den projectirten Canal zur Verbindung des Rheins mit der Weser. —

Koch, über eine Locomotiv-Explosion auf der Lyoner Eisenbahn. — Auf dieser Bahn explodirte am 10. November 1862 beim Passiren einer kleinen Bahnüberbrückung in der Nähe von Moulins die im Jahre 1858 von Cail u. Comp. erbaute, auf 8 Atmosphären concessionirte und eben einen Zug von 28 Wagen mit 3140 Ctr. Gewicht führende Locomotive „le Beuvron", indem zugleich die Blechträgerbrücke einstürzte und das Geleise sperrte. Besonders stark beschädigt war die Feuerkiste, deren Decke mit der ganzen Armatur gegen die Rohrwand herabgeschlagen war, während ein Theil der Seitenwände mitgerissen, der andere zu Cylindern aufgerollt und ein Theil der Rückwand gegen die Feuerthür herabgeschlagen war. Es hatte somit die 0,42" starke Kupferwand nachgegeben, obwohl die Construction durchaus untadelhaft war. Den Einsturz der Brücke scheint blos die Lufterschütterung verursacht zu haben, und der Einsturz der Feuerkistendecke erklärt sich durch einen alten Bruch mehrerer Stehbolzen über der Feuerthür. Bei Gelegenheit der Erneuerung von Feuerkisten sollte stets der Zustand der Stehbolzen genau untersucht werden. Gewöhnlich zeigt sich der Bruch eines solchen Bolzens durch eine Ausbauchung der Feuerkistenwand im Innern, derselbe ist aber nicht immer durch Anschlagen mit dem Hammer wahrzunehmen. Durch Querlegen der Deckenanker könnte diesem Uebelstande vorgebeugt werden, man hat aber dann kein so sicheres Auflager. In den Werkstätten der Nordbahn will man die Stehbolzen der Länge nach durchbohren, wo sich dann der Bruch durch den Austritt eines feinen Wasser- oder Dampfstrahles zu erkennen geben würde.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt.



Register zum Literatur- und Notizblatt des elften Bandes des Civilingenieur.

I. Sachregister.

(Die Nummern bedeuten die Seitenzahlen.)

II. Namenregister.

III. Verzeichniß der Schriften, über welche Referate gegeben worden sind.

IV. Verzeichniß der besprochenen Werke.

Literatur- und Notizblatt

zu dem elften Bande des

Civilingenieur.

№ 1.

Literatur.

Handbuch der Wasserbaukunst von G. Hagen. Dritter Theil: Das Meer. Auch unter dem Titel: Seeufer- und Hafenbau. Dritter Band. Mit einem Atlas von 15 Kupfertafeln in Folio. Berlin 1864. Verlag von Ernst & Korn (Gropius'sche Buch- u. Kunsthandlung).

Auch diesmal sind wir, wie im vorigen Jahre, so glücklich, unsere Literaturberichte mit der Ankündigung der Fortsetzung des genannten ausgezeichneten Werkes beginnen zu können. Dieselbe bringt die Abschnitte VI bis VIII über die Durchströmung der Häfen, den Hafen von Pillau und die Ausführung der Hafendämme. Abschnitt VI zerfällt in die natürliche Strömung, für welche der Hafen Nieuwe-Diep als Beispiel vorgeführt wird, und in die Spülung, welche an verschiedenen Beispielen, namentlich auch an den Häfen von Calais und Dover erläutert wird. Für die Spülung der nicht unmittelbar am Meere liegenden Häfen giebt der im VII. Abschnitte ausführlich beschriebene Hafen zu Pillau ein sehr lehrreiches Beispiel. Sehr wichtig und dem entsprechend ausführlich behandelt ist endlich der VIII. Abschnitt, welcher von der Ausführung der Hafendämme handelt und mit einer specielleren Beschreibung der bei Holyhead ausgeführten Arbeiten schließt. Es wäre überflüssig, hier nochmals hervorheben zu wollen, welche bewundernswerthe Gewissenhaftigkeit und Mühsamkeit bei der Einsammlung der Data, welche kritische Sichtung und Klarheit in der Anordnung derselben dazu erforderlich sei, um ein solches Werk mit einem so reichen Schatze von Erfahrungen und Kenntnissen zu schreiben; Jeder, der die früheren Bände auch nur durchgeblättert hat, muß dies mit dankbarster Verehrung vor dem Herrn Verfasser anerkennen.

Sammlung der wichtigeren Bauobjecte der Großh. bad. Odenwaldbahn zwischen Heidelberg und Mosbach, enthaltend 64 Blätter und 2 Blätter Text. Nach den Materialien Großh. Oberdirection des Wasser- und Straßenbaues geordnet, zusammengestellt und gezeichnet im Studienjahr $18^{62}/_{63}$ durch die Eleven des II. Curses der Ingenieur-Schule am Großh. Polytechnicum zu Carlsruhe. Druck und Verlag von V. Veith.

Vorliegende höchst geschmackvoll ausgestattete Sammlung von Zeichnungen der wichtigeren Brücken und Viaducte, Bahnhöfe und Bahnwärterhäuser, Stützmauern, Tunnelportale und Aquäducte, des Oberbaues sammt Weichen, Wegübergängen, Durchkreuzungen u. s. w. der Linie Heidelberg-Mosbach, welche die erste Abtheilung der badischen Odenwaldbahn bildet, enthält zwar nicht gerade großartige Ausführungen, bietet aber gute und geschmackvolle Muster für leichtere Brücken, gewöhnliche Stationsgebäude, Wegübergänge u. dergl. und ist auch recht lehrreich in Bezug auf die Ueberwindung der Tracirungsschwierigkeiten bei Heidelberg und andern Orten, sowie die schöne Brücke über den Neckar bei Neckarelz, welcher 12 Tafeln gewidmet sind, die Elsenzbrücken auf der Gemarkung Bammenthal und bei Reilsheim, die verschiedenen Stationsgebäude und die Tunnelportale alle Beachtung verdienen. Die künstlerische Ausführung der Ansichten der Letzteren, sowie der Brücke bei Neckarelz macht sie überdies zu einem willkommenen Schmuck dieses Werkes, welches ein schönes Zeugniß für den Geist und die Leistungen der Carlsruher Ingenieurschule ablegt und zu Musterblättern für technische Anstalten, sowie zum Privatstudium für Eisenbahningenieure um so mehr empfohlen werden kann, als wir an derartigen nützlichen Sammlungen keinen Ueberfluß besitzen.

Illustrirtes Baulexikon. Praktisches Hilfs- und Nachschlagebuch auf den Gebieten des Hoch- und Flachbaues, des Land- und Wasserbaues, des Mühlen- und Bergbaues, der Mythologie, Ikonographie, Symbolik, Heraldik, Botanik und Mineralogie, soweit solche mit dem Bauwesen in Verbindung kommen. Für Architekten und Ingenieure, Baugewerken und Bauherren, Baubeflissene und Polytechniker, sowie für Archäologen, Kunstliebhaber und Sammler. Herausgegeben von Oskar Mothes Architekt. Zweite gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit über 1200 in den Text gedruckten Abbildungen. 12. bis 14. Heft. Schluß des ersten Bandes. Leipzig und Berlin, Verlagsbuchhandlung von Otto Spamer. 1864.

Mit diesen Heften wird der erste Band des in d. Bl. schon mehrfach besprochenen Illustrirten Baulexicons beschlossen. Derselbe umfaßt die Buchstaben A bis E, 93 Bogen compressen Druck, und enthält 1050 großentheils sehr schöne Holzstiche. In den vorliegenden drei Heften sind besonders der Artikel: Dach mit den dazu gehörigen Artikeln: Dachdeckung, Dachzerlegung u. s. w. im 12. Hefte, dann die Artikel: Deutschrenaissance, dorisch, dschainistische Bauweise im 13. Hefte, endlich die Artikel: Eisenbalken, Eisenverbände, englisch-gothischer Baustyl und etruskischer Baustyl im 14. Hefte hervorzuheben, deren artistische Ausschmückung namentlich zu rühmen ist. Sollen wir hier noch den Totaleindruck

bezeichnen, den uns dieser Band macht, so können wir bei allem Lobe, welches dem architektonischen Theile zu zollen ist, den Wunsch nicht unterdrücken, daß sehr viele Artikel weggeblieben und andere durch specielle Sachverständige revidirt worden sein möchten. Welcher Techniker oder Gelehrte wäre auch im Stande, ein so umfängliches encyklopädisches Werk allein ohne Beihilfe mehrerer Mitarbeiter, in allseitig befriedigender Weise durchzuführen?

Die Literatur der letzten zehn Jahre aus dem Gesammtgebiete des Bau- und Ingenieurwesens in deutscher, französischer und englischer Sprache. Herausgegeben und der 14. Versammlung deutscher Ingenieure und Architekten gewidmet von Carl Gerold's Sohn in Wien, Buchhändler der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Wien, Druck und Verlag von Carl Gerold's Sohn. Stefanplatz 12.

Mit dieser mühsamen Zusammenstellung hat die Gerold'sche Buchhandlung in Wien den Besuchern der 14. Versammlung deutscher Ingenieure und Architekten ein gewiß allseitig mit großem Dank in Empfang genommenes Geschenk gemacht. Durchblättert man diesen stattlichen Katalog, so begegnet man namentlich in der deutschen Literatur so vielen vorzüglichen Werken, daß man wohl berechtigt ist, mit einigem Stolze auf die Leistungen des letztvergangenen Decenniums und auf die Stellung, welche sich die Ingenieurwissenschaften in dieser Zeit in der Literatur erworben haben, zurück zu blicken. Dies gilt ganz besonders auch von Deutschland, wo der Sinn für eine wissenschaftliche Auffassung des Ingenieurwesens außerordentlich gewachsen ist, und welches in dieser Beziehung das Ausland rasch überflügeln zu wollen scheint. Was den vorliegenden Katalog anlangt, so haben wir nur einige wenige Auslassungen und Fehler in der Katalogisirung bemerkt, empfehlen daher diese nützliche Sammlung, durch welche selbst diejenigen, welche in der glücklichen Lage gewesen sind, mit der Literatur ganz fortgehen zu können, noch auf manche übersehene Perle aufmerksam gemacht werden dürften, angelegentlichst.

Technologisches Wörterbuch in deutscher, französischer und englischer Sprache, Gewerbe, Civil- und Militair-Baukunst, Artillerie, Maschinenbau, Eisenbahnwesen, Straßen- und Wasserbau, Schiffbau und Schifffahrt, Mathematik, Physik, Chemie, Mineralogie u. a. m. umfassend. Mit einem Vorworte von Dr. Karl Karmarsch, erstem Director an der Polytechnischen Schule zu Hannover. Dritter Band. Französisch-Deutsch-Englisch. Bearbeitet von Dr. Christian Rumpf. Erste und zweite Lieferung. Wiesbaden. C. W. Kreidel's Verlag.

Wenn der mit diesen zwei Lieferungen begonnene dritte Band des technologischen Wörterbuches sich auch im Allgemeinen an den im Jahre 1855 erschienenen und von Prof. Dr. Franke bearbeiteten zweiten Band (Englisch-Deutsch-Französisch) eng anschließt, so ist er doch keine blose Umstellung des Letzteren geblieben, sondern er enthält viele Berichtigungen und mancherlei Ergänzungen, für welche jedenfalls den Herren Kley, Müller und Kreusser, welche theils die Revision gewisser Branchen besorgt, theils selbst gesammeltes Material hergegeben haben, besondere Anerkennung zu zollen ist. Nach dem Anfange zu urtheilen, verspricht dieses Lexicon das beste seiner Art zu werden; bei alle Dem wird aber noch Manches zu wünschen übrig bleiben, denn die Aufgabe, ein tüchtiges technologisches Wörterbuch zu schaffen, ist außerordentlich schwer und dürfte wohl nur in dem Falle gelingen, wenn sich eine größere Zahl von Fachgelehrten und Technikern zu diesem Zwecke verbinden wollte.

Jahresbericht über die Fortschritte der mechanischen Technik und Technologie. (Bewegungsmechanismen, Dampfmaschinen, Dampfkessel, Locomobilen, Feuerungsanlagen, Maschinen für Spinnerei, Weberei, Appretur, zur Papier- und zur Ziegelfabrikation, Bohr-, Säge-, Hobel-, Nietmaschinen, Dampfhämmer, Scheeren, Feilen, Schrauben u. s. w., Pumpen, Pressen, Turbinen, Wasserräder, Gasanlagen, Mühlenwesen, kleine Motoren u. s. w. u. s. w.) Von Dr. Hermann Grothe. Dritter Jahrgang. Mitte 1863 bis Mitte 1864. Mit 53 in den Text gedruckten Holzschnitten und vollständigen Namen- und Sachregistern zu den drei bisher erschienenen Jahrgängen. Berlin 1865. Verlag von Julius Springer.

Sind schon blose Sachregister über den Inhalt der technischen Journale, wie das unlängst von uns besprochene, von dem Verein „Hütte" herausgegebene „Sachregister technischer Journale", sehr willkommene Hilfsmittel für die Orientirung in der Literatur, so wird man eine systematische Sammlung von kurz gefaßten Notizen über die neuesten Fortschritte in der Technik und Technologie u. s. w., wie die vorliegende, als eine noch viel willkommnere Gabe begrüßen, da sie sehr oft alles weitere Nachschlagen erspart. Das Schwierige in der Abfassung eines solchen Jahresberichtes liegt in der kritischen Auswahl und in der Bearbeitung des Stoffes, da ein solches Werk, wenn es nicht zu kostspielig werden soll, nur das Beste bringen und sich zur Erläuterung des Beschriebenen nur ausnahmsweise kleiner Figuren bedienen kann. Bei einzelnen Artikeln des vorliegenden Bandes wird man in dieser Beziehung mit Recht einige Ausstellungen machen können, im Allgemeinen ist aber der Grothe'sche Jahresbericht sehr zu loben und seine Fortsetzung lebhaft zu wünschen.

Handbuch zur Beurtheilung und Anfertigung von Bauanschlägen. Ein Hilfsbuch für Baumeister, Cameralisten, Gutsbesitzer, Bauunternehmer und Gewerksmeister von C. Schwatlo, Königl. Baumeister, Lehrer am Königl. Gewerbe-Institut, Privatdocent an der Königl. Bau-Akademie in Berlin. Erste und zweite Lieferung. Halle. G. C. Knapp's Verlag. 1864.

Wenn wir auch beim Durchblättern dieses auf fünf schwache Lieferungen berechneten Werkchens nicht gerade hervorragend Neues und Abweichendes von ähnlichen Werken gefunden haben, so empfiehlt es sich doch durch Deutlichkeit,

Ausführlichkeit und Billigkeit. Das erste Heft enthält Maaß- und Gewichtstabellen und Regeln zur Berechnung der Flächen- und Körperinhalte, dann folgt die Anleitung zur Berechnung der Baumaterialien, welche auch im zweiten Hefte noch nicht zum Schluß gelangt. Ueberall sind, wie nach dem Wirkungskreise des Herrn Verfassers nicht anders zu erwarten ist, preußische Maaße und Gewichte zu Grunde gelegt, sowie denn auch den Berliner Verhältnissen besonders Rechnung getragen wird.

Termin-, Tagebuch- und Hilfs-Kalender für Geometer und Assistenten der Meßkunde auf das Jahr 1865. Herausgegeben von H. Hölscher, Geometer. Mit 128 in den Text gedruckten Holzschnitten. Dritter Jahrgang. Berlin u. Charlottenburg. Verlag von J. C. Huber.

Die regelmäßige Wiederkehr dieses Kalenders in immer verschönerter Ausstattung (dies Jahr mit geschmackvollem, in Gold gepreßtem Einband) und erweitertem Umfange ist das beredteste Zeugniß dafür, daß dieses Buch einem Bedürfniß entspricht. Wir wollen daher hier nur noch bemerken, daß der diesjährige Jahrgang durch eine sehr ausführliche Anleitung zum Gebrauche des Amsler'schen Planimeters bereichert ist, welche ganz besonders zum Studium zu empfehlen ist. Manche andere, namentlich für preußische Geometer interessante Zugabe wollen wir hier nicht näher bezeichnen.

Zur Patentfrage. Zwei Denkschriften nebst den Principien für ein allgemeines deutsches Patentgesetz, wie sie vom Vereine deutscher Ingenieure in seiner Hauptversammlung zu Braunschweig am 2. September 1863 aufgestellt wurden. Herausgegeben vom Vereine deutscher Ingenieure. (Separatabdruck aus der „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure.") Berlin 1864. Selbstverlag des Vereines. Commissionsverlag von Rudolph Gärtner. (Amelang'sche Sortiments-Buchhandlung.)

Eine Broschur, welche ganz besonders geeignet ist, sich über die Patentfrage gründlich zu unterrichten. Sie bringt zwei bereits früher in der „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure" abgedruckte Abhandlungen, nämlich eine sehr eingehende und gründliche Abhandlung von Herrn C. Kayser in Breslau und eine nicht minder eingehende, auch die bestehenden Patentgesetze näher beleuchtende Denkschrift einer von dem „technischen Verein für Eisenhüttenwesen" niedergesetzten Commission, außerdem aber die vom Vereine deutscher Ingenieure adoptirten Principien für ein allgemeines deutsches Patentgesetz. Wir sind überzeugt, daß diese lehrreiche Schrift viel zur Klärung der Ansichten über die Patentfrage beitragen werde.

Die Baugewerbe. Zeitschrift für Architekten, Bauunternehmer, Bauherren, Maurer, Zimmerleute, Steinmetzen, Dachdecker, Schreiner, Schlosser, Baumechaniker, Glaser, Tüncher, Ziegler und Ofenfabrikanten, Gypser und Stukkaturarbeiter, Stubenmaler, Vergolder, u. s. w.; sowie auch für Fabrikbesitzer, Maschinenfabrikanten, Bau- und Gewerbeschulen. Auf Veranlassung des Großherzogl. hessischen Gewerbevereines und unter Mitwirkung bewährter Fachmänner herausgegeben von Franz Fink. Erster Jahrgang 1865. 1. Heft. Darmstadt, Verlag von Wilhelm Beyerle.

Nach dem Programm soll die neue Bauzeitung, deren Titel wir soeben angaben, vorzugsweise für den praktisch ausführenden Baumeister, Bauhandwerker, Techniker und Fabrikanten bestimmt sein und sich darin von den großen und ausgezeichneten Bauzeitungen, wie die Erbkam'sche und Förster'sche, unterscheiden, daß sie weniger größere, den eigentlichen Baukünstler und Ingenieur interessirende Abhandlungen bringen, als vielmehr den Austausch gemachter Erfahrungen im Bauwesen, die Verbreitung neuer Erfindungen und Constructionen, die Belehrung und Anregung der Bautechniker und Baugewerbsleute zu vermitteln suchen und dabei sich einer populären Sprache bedienen, sowie alle schwierigeren Rechnungen vermeiden wird. Monatlich erscheint ein Heft von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Bogen Stärke in Quart mit Holzschnitten und 3 bis 4 lithographirten Tafeln. Billiger Preis und die aus dem vorliegenden Hefte zu erkennende durchaus praktische Haltung und gute zweckmäßige Ausstattung werden dem neuen Journale gewiß bald Freunde erwerben, bürgt doch auch schon der Name des Herrn Herausgebers (rühmlichst bekannt durch die in d. Bl. mehrfach besprochene, im Spamer'schen Verlag erscheinende „Schule der Baukunst") für die Gediegenheit des neuen Unternehmens.

Die Schmiervorrichtungen und Schmiermittel der Eisenbahnen. Geschichtlich-statistisch-kritische Darstellung von Edmund Heusinger von Waldegg, Oberingenieur und Herausgeber des „Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" in Hannover, des Oesterreichischen Ingenieur-Vereins, des Hannoverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins, des Sächsischen Ingenieur-Vereins, des Vereins für Eisenbahnkunde in Berlin und des Architekten- und Ingenieur-Vereins in Cassel theils Ehren-, theils correspondirendem Mitglied. Eine vom österreichischen Ingenieur-Verein gekrönte Preisschrift. Mit 13 Foliotafeln Zeichnungen und 75 Holzschnitten. Wiesbaden, C. W. Kreidel's Verlag. 1864.

Bekanntlich erließ der österreichische Ingenieur-Verein vor ca. 3 Jahren ein Preisausschreiben für die beste geschichtlich-statistisch-kritische Darstellung der bei den Eisenbahnwagen angewendeten Schmiervorrichtungen und Schmiermittel, und diesem Preisausschreiben verdanken wir das vorliegende sehr lehrreiche und elegant ausgestattete Werk, welches von dem genannten Vereine mit dem ersten Preise gekrönt worden ist, obwohl keine andere Bewerbungsschrift eingegangen war. Allerdings dürften wenige Ingenieure in gleichem Maaße, wie der Herr Verfasser, befähigt gewesen sein, das fragliche Thema erschöpfend zu behandeln, da Derselbe seit 20 Jahren sowohl als Ingenieur praktisch im Eisenbahnwesen thätig gewesen ist, als auch als Redacteur des „Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" die nächste Gelegenheit und Veranlassung gehabt hat, alle Verbesserungen in diesem Fache kennen zu lernen und zu verfolgen. Neuere Erkundigungen und Anschauungen haben auch noch manche bei der Abfassung

der Preisschrift offen gebliebene Lücke ausgefüllt, sodaß jetzt darin alle wesentlicheren Schmiervorrichtungen und Schmiermittel berücksichtigt sein dürften. Der Inhalt zerfällt in 15 Abtheilungen, wovon die erste eine allgemeine Zusammenstellung der verschiedenen bei den Eisenbahnwagen angewandten Schmiermittel giebt, die zweite bis elfte Abtheilung aber möglichst detaillirte Zeichnungen und Beschreibungen von 141 verschiedenen Arten von Axbüchsen liefert, die zwölfte Abtheilung von den Axlagercompositionen und die dreizehnte von der Organisation des Schmierdienstes und den Schmierprämien handelt, während die vierzehnte Abtheilung die Endergebnisse und Schlußfolgerungen und die letzte Abtheilung eine sehr willkommene Literaturübersicht liefert. Die Uebersichtlichkeit wird dadurch erhalten, daß die zahllosen Axlagerconstructionen theils nach der Beschaffenheit des Schmiermaterials (dick, dickflüssig und dünnflüssig), theils nach der Art des Schmierens (von oben, von unten, von oben und unten zugleich u. s. w.) in besondere Classen eingetheilt werden, und um Vergleichungen über die Zweckmäßigkeit der einzelnen Constructionen anstellen zu können, sind fast überall Angaben über Schmierverbrauch, Preis der Schmiere, Methode zur Erzielung von Ersparnissen im Schmierverbrauch, Zusammensetzung des Lagermetalles, Gewicht der Axbüchsen u. dergl. mehr beigefügt. Sehr belehrend ist namentlich auch die vergleichende Uebersichtstabelle über die auf den deutschen Bahnen angewandten Axbüchsen und Schmiermittel. Möge dieses ohne Zweifel sehr mühsame Werk, das mit so vieler Liebe gearbeitet ist, die verdiente Beachtung finden, damit das Schwanken und Experimentiren in dieser wichtigen Frage ein Ende nimmt und auch in Bezug auf die Axbüchsen und Schmiermittel einheitliche Vorschriften, wenigstens für die deutschen Eisenbahnen, Platz greifen.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur-Vereins.

XVI. Jahrg. 1864, Heft 1 bis 6.

Heinrich, Walzwerk für Radbandagen. — Project zu einem Walzwerk, in welchem mit Hilfe des hydraulischen Druckes Radbandagen ohne Schweißung hergestellt werden können. Das vorgeschlagene Verfahren scheint vortheilhafter, als dasjenige von Petin Gaudet in Rive de Gier.

Rebhann, Festigkeit der Wiener Bausteine. — Referat über eine große Reihe von Versuchen, welche unter Leitung des Herrn Prof. Rebhann theils mittelst einer hydraulischen Presse im Rothschild'schen Eisenwerk Witkowitz, theils mittelst eines Hebelapparates in Wien selbst ausgeführt worden sind, um die rückwirkende und relative Festigkeit der in Wien verwendeten und einiger anderen Bausteinsorten zu bestimmen. Die Probestücken hatten bei den Versuchen über die rückwirkende Festigkeit Würfelform mit 2, 3 und 6 Zoll (wiener Maaß) Seitenlänge, bei denjenigen über die relative Festigkeit quadratischen Querschnitt von 3" Seitenlänge und lagen auf 9" Länge frei. Die Pressung wurde auf besondere (weiter unten näher anzuführende) Weise aus dem Ventildurchmesser und der Belastung des Ventiles der hydraulischen Presse berechnet. Als Mittelwerthe der rückwirkenden Festigkeit haben sich folgende ergeben:

	Gew. pro Cubikfuß.	Festigk. pro Qu.-Zoll.
Kalkstein bei Eggenburg in Nied.-Oesterreich	96 Pfd.	8,4 Ctr.
desgl. bei St. Loretto am Leithagebirge in Ungarn	94 „	11,8 „
desgl. bei Breitenbrunn am Neusiedlersee in Ungarn	94 „	12,2 „
desgl. bei St. Margarethen am Neusiedlersee in Ungarn	95 „	17,3 „
desgl. von Geiß am Neusiedlersee in Ungarn	113 „	24,4 „
desgl. von Brunn bei Wiener Neustadt in Nieder-Oesterreich	131 „	37,0 „
desgl. bei Baden in Nieder-Oesterreich	135 „	38,5 „
desgl. bei Kaisersteinbruch am Neusiedlersee in Ungarn	126 „	47,2 „
desgl. von Wolfsthal bei Hainburg in Nieder-Oesterreich	119 „	47,7 „
desgl. von Mühlendorf bei Eisenstadt in Ungarn	139 „	54,0 „
desgl. von Mannersdorf am Neusiedlersee in Ungarn	133 „	55,3 „
desgl. von Oszlipp am Neusiedlersee in Ungarn	132 „	55,6 „
Sandstein von St. Pölten in Nied.-Oestr.	129 „	61,0 „
Kalkstein von Sommerein am Neusiedlersee	132 „	61,7 „
desgl. von Hundsheim bei Hainburg in Nieder-Oesterreich	143 „	62,2 „
desgl. von Wöllersdorf bei Wiener Neustadt	137 „	62,8 „
desgl. von Welfenstein bei Melk in Nieder-Oesterreich	145 „	66,1 „
desgl. v. Kaisersteinbruch (Teuschl's Bruch)	145 „	77,0 „
Granit bei Mauthausen in Ober-Oesterreich	143 „	97,9 „
Wienerberger Mauerziegel, rothgeschlämmt	90 „	21,3 „
„ „ weißgeschlämmt	94 „	24,6 „
„ „ ordinär	88 „	24,0 „
Kalkstein von Mährisch Ostrau	—	69,7 „
„ „ Tierlitzko bei Teschen	—	67,0 „
Sandstein bei Krakau	—	47,9 „
„ „ Pilsen in Böhmen	—	23,5 „
Kalkstein aus dem Karstgebirge	—	58,8 „

Was die relative Festigkeit anlangt, so wurden aus der Formel

$$K = \frac{3}{2} \frac{R\,l}{b\,h^2}$$

nachstehende Coefficienten, bei denen die Maaße in Zollen und die Gewichte in Centnern genommen sind, gefunden.

	K =
Eggenburger Kalkstein	3,7 Centner.
Goißer „	3,9 „
Margarether „	5,5 „
Brunner „	6,2 „
Badner „	8,7 „
Zeindler Kaiserstein	10,5 „
Sommereiner Kalkstein	12,7 „
Oszlipper „	15,6 „
Hundsheimer „	16,4 „
Wöllersdorfer „	19,7 „
Granit von Mauthausen	22,6 „
Mannersdorfer Kalkstein	23,8 „

Pontzen, neues Verfahren der Imprägnirung von Hölzern. — Von den zeitherigen Imprägnirungsmethoden wird die Methode des Einlegens in eine Lauge wohl nur noch bei dem Tränken mit Quecksilbersublimat angewandt, weil man dabei blos ein oberflächliches Eindringen erzielt. Boucherie's Verfahren ist nur bei frisch gefälltem, nicht verschnittenem Holze in der guten Jahreszeit anwendbar, erfordert viel Zeit und bleibt dabei unvollkommen, weil der Umfang der Stämme nicht ordentlich imprägnirt wird. Den Vorzug verdient also die Imprägnirung in geschlossenen Gefäßen mittelst Druck und Luftverdünnung, doch fehlt hierbei ein Erkennungsmittel für die Beendigung des Processes, die Flüssigkeit dringt auch nur in gedörrtem Holze tief ein, und ein Auslaugen des Holzes ist nicht möglich. Deshalb schlägt der Herr Verfasser ein Verfahren vor, welches ein Mittelding zwischen dem Boucherie'schen Verfahren und der letzteren Imprägnirungsmethode bildet; die zu imprägnirenden Hölzer werden nämlich an der einen Stirnseite mit einer Boucherie'schen Scheibe (aber von Eisen) bedeckt, an welcher sich ein Schlauch befindet, und liegen auf einem Wagen, mit dem sie dann in den Imprägnirungscylinder geschoben werden. Sämmtliche Schläuche verbinden sich in einem Sammelschlauch und dieser geht luftdicht durch den Boden des Cylinders hindurch. Wird nun in Letzteren die Lauge eingepreßt, so können zunächst die Pflanzensäfte durch den Schlauch entweichen und man erkennt später an der austretenden Flüssigkeit, ob der Proceß beendigt ist.

Kößlin, über die Desinficirung des Wienflusses. — Es soll zur Abführung des Kleinwassers im Flußbette und zwar in der Sohle versenkt ein Canal hergestellt werden, dessen Gewölbe aus Hohlziegeln ausgeführt würde, um als Drainageröhren zu dienen; zu Zeiten von Anschwellungen wird dann nur die von dem Canale nicht mehr aufgenommene Wassermasse im alten Flußbette abfließen.

Kößlin, über die continuirlichen Ziegelbrennöfen von Hoffmann & Comp. — Der nach den neuesten Erfahrungen ausgeführte Ringofen in Wien, welcher 60 Kl. Durchmesser besitzt, ist ganz in die Erde versenkt und besitzt eine doppelte Reihe concentrisch angeordneter Oefen, von denen die äußeren 19000 (jetzt 17000), die inneren 14000 (jetzt 12000) Steine fassen. In der Mitte desselben befindet sich ein gemeinsamer Schornstein, welcher von einer ringförmigen Rauchkammer umgeben ist, in welche sämmtliche Rauchcanäle einmünden; die Letzteren sind mit Klappen versehen, um jeden Ofen beliebig abstellen zu können. Bei den radialen Rauchcanälen sind Schlitze für transferirbare Schieber angebracht, durch welche der Gang der Feuerung regulirt wird. In der Decke der Oefen, welche im Niveau des äußern Terrains liegt, befinden sich verschließbare Oeffnungen zum Aufgeben des Brennmaterials und zum Einsetzen der Steine. Die Feuerung geht von der Decke aus und die Verbrennungsluft strömt durch die nächst hintere, mit glühenden Steinen gefüllte Abtheilung zu, während die Gase durch den Rauchcanal der zweitnächsten vorderen Abtheilungen entweichen und die in der nächst vorderen Abtheilung befindlichen Steine anschmauchen. Ist ein Ofen gut gebrannt, so wird die Schütze weiter gesteckt und demselben Zeit zum Abkühlen gelassen, worauf er entleert und wieder neu beschickt wird. Der Betrieb ist folglich ein allmälig fortrückender und continuirlicher. Man nimmt täglich ca. 30000 gut gebrannte Steine von $11\frac{1}{4}''$ Länge, $5\frac{1}{2}''$ Breite und $2\frac{3}{4}''$ Stärke aus und braucht dabei pro Mille $\frac{3}{8}$ Klafter weiches Holz oder $\frac{1}{4}$ Kl. hartes Holz oder 10 Ctr. Torf oder $6\frac{1}{2}$ Ctr. gute Braunkohle oder $4\frac{1}{4}$ Ctr. gute Steinkohle.

Rebhann, Prüfung des österreichischen Portlandcementes. — Um zu ermitteln, wieviel Wasser die Cementfabrikate der Perlmooser Fabrik von Saullich im Vergleich zu denjenigen von englischem Cement von Robins & Comp. einsaugten, wurden 5″ hohe quadratische Kästchen von 6″ Seitenlänge und 1″ Wanddicke angefertigt und nach 3monatlichem Erhärten mit Wasser gefüllt, welches man 24 Stunden darin stehen ließ, um dann nach der Entleerung durch die Gewichtszunahme die aufgesogene Wassermenge zu ermitteln. Der englische Cement nahm bedeutend mehr Wasser auf. Ferner wurden Würfel aus diesen Cementsorten in Glaubersalzauflösung gekocht und aufgehängt, um zu vergleichen, welche Sorte am stärksten ausblühe, dann zur Entfernung der Krystalle ausgelaugt und lufttrocken gewogen. Der stärkste Gewichtsverlust trat bei Robins'schem Cement mit $2\frac{1}{2}$ Th. Sand, der geringste bei demselben Cement ohne Sand ein, der Perlmooser Cement gab aber ein sehr gutes Resultat. Andere Versuche stellten fest, daß die Festigkeit des Perlmooser Cementes durch längere Bearbeitung beim Abrühren des Cementbreies wächst, was für die Praxis nicht unwichtig ist. Als Hauptresultate der Prüfung des Perlmooser Cementes führt der Herr Berichterstatter an, daß derselbe im Vergleich zu den englischen Portlandcementen das feinste Pulver und das größte specifische Gewicht besitzt, im frischen Zustande mehr Wasser zur Mörtelbereitung aufnimmt, als der Cement von Robins & Comp., bezüglich der Festigkeit bei Sand- oder Schotterbeimengung die englischen Cemente übertrifft und Cementstücken liefert, deren Festigkeit den gewöhnlichen Mauerziegeln durchaus nicht nachsteht. Bei aneinandergekitteten Bausteinen löſt sich beim Auseinanderreißen die Mörtelschicht zum Theil vom Stein, die Fugen des Perlmooser Cementes leisten aber den größten Widerstand. Ebenso verdient Letzterer zum Mauerverputz den Vorzug, während er für Mauerung, welche starker Hitze ausgesetzt ist, dem Portlandcement nachzustehen scheint. Die Auffaugungsfähigkeit für Wasser ist allgemein bei Sandzusatz größer, der Perlmooser Cement zeigt aber ein günstigeres Verhalten als der englische, ebenso (bei starkem Sandzusatz) bezüglich der Widerstandsfähigkeit gegen auskrystallisirende Salze (und Frost), und bezüglich der allmäligen Zunahme an Festigkeit.

Schmidt, eine Kalkseifenbildung als Ursache zu Kesselexplosionen. — Der Herr Verf. berichtet ein Paar Vorfälle, wo in Cornwallkesseln auf unerklärliche Weise ein sehr rasches Durchbrennen beobachtet worden ist. Die Kessel wurden mit Condensationswassern gespeist und ließen beim Speisen kleine Detonationen hören, welche aber nicht stattfanden, wenn mit kaltem Wasser gespeist wurde. Zur Erklärung wird darauf aufmerksam gemacht, daß bei diesen Kesseln das Flammenrohr mit einer dünnen festhaftenden Fettschicht (einer Kalkseife) überzogen gefunden wurde, wodurch der Contact zwischen dem Wasser und Blech unterbrochen worden sein möge. (?)

Arnemann, über die Reichenberger'sche Sicherheitskuppelung für Locomotive und Tender. — An Stelle der eisernen Kuppelstange ist hier ein aus 19 verzinkten und doppelt genommenen Drähten à 150 Pfd. Tragkraft gebildetes

Seilband, in welches an den Enden zwei schmiedeeiserne gedrehte Oesen eingebunden sind, angewendet und an Stelle des Kuppelnagels ein schmiedeeiserner oder stählerner Hohlcylinder mit einer Drahtseilfüllung aus 19 verzinkten Drähten, welche durch einen eingetriebenen Dorn darin festgehalten wird, benutzt. Diese Kuppelung bietet insofern eine größere Sicherheit, als schon bei der Fabrikation alle etwaigen Fehler des Materiales erkannt werden, beim Gebrauch durch Stöße u. dgl. keine oder doch viel geringere Texturveränderungen eintreten werden, durch die Biegsamkeit der Kuppelstange die heftigen Stöße auf den Kuppelnagel beim Anholen und Rückwärtsfahren vermieden werden und ein völliger Bruch des Nagels unmöglich ist.

Rebhann, über die Messung des Druckes bei hydraulischen Pressen. — Weil die conischen Ventile nie vollkommen aufsitzen, so spritzt das Wasser schon vor dem wirklichen Aufheben des Ventiles staubförmig durch und es wird hierdurch auch auf die conische Fläche ein gewisser Druck erzeugt, welcher das Ergebniß so beeinflußt, daß die auf die blose Grundfläche basirte Rechnung um 70 bis 90 Procent niedriger ausfällt, als der wahre Druck.

Schimmelbusch, über die Anwendung des Eisens zum Hochbau. — Als Träger sind ganz besonders die gewalzten I-Träger zu empfehlen, welche (bei 9 und 12 Zoll Höhe) im Centnerpreis um 33 % niedriger und im Gewicht bei gleichem Trägheitsmoment um 18 Procent leichter ausfallen, als die genieteten Träger, und bei denen nach angestellten Versuchen der Bruch in der äußersten Faser erst bei einer Anstrengung von 304 bis 324 wien. Ctr. pro Qu.-Zoll erfolgt, während die genieteten Träger nur 246 bis 270 Ctr. aushalten. Allerdings macht sich für gewalzte Träger die Anwendung besonderer Gewölbeanlaufsteine nöthig, auch wird man da, wo Zwischenwände auf solche Träger zu stehen kommen, mit Vortheil zwei entsprechend profilirte Träger durch aufgenietete Flacheisen verbinden, um mehr Breite zu erhalten, aber sie kommen in der Hauptsache nur halb so theuer zu stehen, als genietete Träger. Die günstigsten Proportionen sind ein Verhältniß der Höhe zur Kopf- und Fußbreite = 7:2 und ein Verhältniß der Dicke des Kopfes und Fußes zur Stegstärke = 3:2. Als Belastung einer Decke rechnet man in Paris für Zimmer und Cabinete 100, für Salons und Bureaux 200, für große Säle 300 Kil. pro Quadratmeter, in Preußen für Magazine 150, für Kornböden 90, für Heu- und Strohböden 80, für Säle 50, für Wohnzimmer 30 Pfd. pro Quadratfuß rhein., und gestattet in Paris eine Inanspruchnahme der Träger mit 10 bis 12 Kil. pro Quadr.-Millim. (bei öffentlichen Bauten halb so viel), doch sollte man bei Decken, welche starken Erschütterungen ausgesetzt sind, eine größere Anstrengung als mit 160 bis 180 Ctr. pro Qu.-Zoll nicht wagen. Bei Tiefen von weniger als 16 bis 17' legt man die Träger 15 bis 18' weit auseinander, bei größeren Tiefen in Abständen von 36 bis 54', aber mit rechtwinklig dagegen gelegten, auf den Fußschenkeln ruhenden Querträgern. In ersterem Falle brauchen die Füllungsgewölbe blos 4 bis $4^1/_2$'' stark gemacht zu werden; die Polsterhölzer werden derart über die kleinen Zwischenträger weggelegt, daß der Blindboden um $^1/_2$'' über die Hauptträger weggeht, und die ganze Dicke einer solchen Decke beträgt incl. Parquetboden 11 bis 12'', das Gewicht derselben 1,1 bis 1,4 Ctr. pro Quadr.-Klafter. Die in Paris angewandten Zoreseisen (gewalzte Hohlbalken) sind noch steifer und leichter und gestatten viele Combinationen, welche bei I-Trägern nicht möglich sind. Um eine allgemeinere Anwendung eiserner Decken zu ermöglichen, ist erforderlich, daß sich die Architekten über gewisse Typen der Träger einigen, welche dann von den Walzwerken in Vorrath angefertigt werden könnten.

Kleyle, über Dampfkesselexplosionen. — Nähere Mittheilungen über die Ansichten und Einrichtungen der Manchesterer Gesellschaft zur Verhütung von Kesselexplosionen, welche gegenwärtig etwa 1500 Dampfkessel und 1000 Dampfmaschinen beaufsichtigt und jede in England vorkommende Explosion möglichst genau untersucht. Sie verlangt zunächst eine Probe neuer und reparirter Kessel unter dem $1^1/_2$fachen hydraulischen Drucke, sodann jährlich eine gründliche äußerliche und innerliche Untersuchung jedes Kessels und eine viermalige Untersuchung der äußeren Apparate. Als die gewöhnlichste Ursache von Explosionen ist die Zerstörung der Kesselbleche in Folge der chemischen Einwirkung des Wassers und der Dämpfe auf sie und in Folge von Verbiegungen und Dehnungen des Kessels. Deshalb sind alle Schraubenverbindungen, welche leicht ein Lecken des Kessels zur Folge haben, besonders an verdeckten Stellen, saure Speisewasser und breite Auflagerungen auf Mauerwerk zu vermeiden. Um der Entstehung von Furchen, namentlich bei Locomotiven, vorzubeugen, muß man jede Abweichung von der Kreisform vermeiden, doppelte Vernietung anwenden, die Stirnplatten (namentlich bei Feuerrohrkesseln) nicht durch Umbiegen der Bleche befestigen und nicht zu starke Temperaturunterschiede im Kessel dulden, wie sie z. B. bei solchen Kesseln stattfinden, bei denen der letzte Zug unter dem Kesselboden liegt. Glühen der Platten ist eine zweite häufige Ursache zu Explosionen und dieses ist die Folge von Kesselsteinbildung, welche ihrerseits oft über den Zustand der Kessel täuscht. Gegen diesen Uebelstand schützt öfteres Abblasen der Kessel (aller 2 Stunden) an der Sohle und von oben, noch besser ist Anwendung von Oberflächencondensatoren. Wassermangel ist im Allgemeinen nicht oft Ursache zu Explosionen gewesen, ist aber namentlich bei stehenden Kesseln zu vermeiden. Sind mehrere Kessel zugleich in Thätigkeit, so muß jeder an der Mündung des Speiserohres ein sich gegen den Dampf öffnendes Ventil erhalten, damit das Wasser des einen Kessels nicht in den andern hinübergedrückt werden kann. Plötzliche Abkühlungen der Kessel sind möglichst zu vermeiden und die Speiserohre entfernt vom Feuer anzubringen, auch am untern Ende horizontal herumzubiegen. Die Feuerrohre sind durch Winkeleisen- oder T-Eisenringe zu verstärken, welche jedoch wenigstens 1'' von der Wand abstehen sollen. Dampfdome werden als die Kessel schwächend verworfen, ebenso die Anwendung der Längsnieten in einer Reihe. Die Speisewasserventile sollen sich gegen den Dampf hin öffnen und durch eine lose Spindel, mit welcher man die Hubhöhe beschränken, resp. das Ventil ganz feststellen kann, gestellt werden. Doppelte Wasserstandsgläser werden sehr empfohlen, ebenso Controlmanometer. Als Ablaßhähne sind nur ganz messingene mit hohlem Conus, Abfluß nach unten und schmiedeeisernen Abflußrohren, zu empfehlen. Zur Ableitung der Niederschläge an der Kesselsohle soll ein durchlöchertes Rohr längs des ganzen Kessels bis zum Ablaßhahn angebracht werden und zum Auffangen des Schaumes ein ähnliches trogartiges Rohr mit Löchern im oberen Theile nahe unter dem normalen Wasserstande. Bezüglich der Einmauerung macht man gern den Zug unter dem Kessel sehr

weit, versieht ihn aber mit vielen Feuerbrücken, in denen sich Oeffnungen zum Durchkriechen befinden. Mauern an der Kesselsohle sind nur 3" breit zu machen, größere Kessel aber an den Kanten der Seitenzüge aufzulagern. Der erste Zug soll stets unter dem Boden hingeführt werden. Kalkmörtel ist an den Berührungsstellen mit dem Kessel zu vermeiden.

Reinhardt, über die Verwendung des Stahles im Maschinenbau. — Bei der Wahl der Baumaterialien ist nicht blos die Festigkeit, sondern auch die Zähigkeit maaßgebend. Man untersucht dieselbe durch Zerreißungsversuche, bei denen das Bruchgewicht die Festigkeit, die Verlängerung die Zähigkeit angiebt. Sehr bequem und übersichtlich ist eine graphische Darstellung solcher Versuche, bei welcher die Ausdehnungen in Theilen der ursprünglichen Länge als Abscissen, die entsprechenden Belastungen pro Quadratmillimeter als Ordinaten aufgetragen sind. Die von der durch die Enden der Ordinaten gelegten Curve und der Abscissenaxe begrenzte Fläche stellt die Gesammtarbeit dar, welche nothwendig ist, um die der Abscisse entsprechende Ausdehnung hervorzurufen, und verzeichnet man in gleichem Maaßstabe eine andere Arbeit, z. B. die einem von einer gegebenen Höhe herabfallenden Gewichte entsprechende Stoßwirkung, so kann man leicht vergleichen, ob ein Stoß für das Material nachtheilig sein kann oder nicht, je nachdem nämlich die der Stoßwirkung entsprechende Fläche größer oder kleiner ist als die Fläche der Festigkeitscurve, welche innerhalb der Elasticitätsgrenze liegt. Der Herr Verf. geht nun eine Menge neuerer Festigkeitsversuche durch und schließt daraus, daß bei Schmiedeeisen die Elasticitätsgrenze bei 15 Kil. pro Quadr.-Mill., der Bruch bei guten Blechen bei 35 bis 39, bei Stabeisen bei 35 bis 46 Kil. eintrete, und daß die Ausdehnung mit großen Verschiedenheiten 14 bis 26 Procent betrage. Beim Gußstahl stehen Festigkeit und Zähigkeit in umgekehrtem Verhältniß zu einander; weicher Gußstahl besitzt eine Festigkeit von 60 bis 70 Kil. und eine halb so große Elasticitätsfestigkeit, durch das Härten wird aber die Festigkeit um die Hälfte gesteigert und die Elasticitätsgrenze der Bruchgrenze sehr genähert. Die Ausdehnung des Gußstahls erreicht bei Kesselblechen ca. 10%, ist aber sehr verschieden. Gegen die Deformation durch Stöße gewährt der Stahl innerhalb der Elasticitätsgrenze ungefähr eine doppelte Sicherheit, für ausnahmsweise größere Stöße sind nur weiche Stahlsorten brauchbar. Für Kessel ist die Anwendung des Gußstahlblechs deshalb sehr wichtig, weil sie die Herstellung sehr weiter und leichter Kessel ermöglicht, für Feuerkasten empfiehlt es sich bei gehöriger Zähigkeit durch größere Gleichförmigkeit, macht aber Schwierigkeiten wegen der Einschraubung der Stehbolzen. Für Eisenbahnwagenaxen und viele andere Maschinentheile ist ein Stahl, welcher die nöthige Unbiegsamkeit und Festigkeit verbindet, sehr nützlich, auch ist er für sich reibende Flächen sehr geeignet.

Ueber die eisernen Oberbausysteme. — Der ungenannte Herr Verf. verspricht sich von den neuerdings so vielfach vorgeschlagenen eisernen Oberbausystemen nicht viel Nutzen, da sie 20 bis 40 Proc. weniger Auflage hätten, als die jetzigen, die Querverbindung in Curven nicht genügen könne, die Wechsel von Wärme und Kälte sehr zerstörend einwirken würden und kein genügendes Schutzmittel gegen die Feuchtigkeit des Erdbodens vorhanden sei.

Langer, über den ökonomischen Werth der Kettenlinie bei Brückenconstructionen. — Von den beiden neuerdings viel besprochenen beiden Kettenbrückensystemen mit an Ketten aufgehängten steifen Blech- oder Gitterbalken verlangt dasjenige, wo der Balken an mehreren geraden Ketten hängt, $2(\alpha+1)$mal soviel Material im Balken, als dasjenige mit einer bogenförmigen Kette, wenn man mit α das Verhältniß zwischen dem Eigengewicht und der zufälligen Belastung bezeichnet. Zieht man auch noch das Kettenmaterial in Betracht, so erhält man das Verhältniß:

$$(\alpha+1)\left(\frac{1}{4f}+\frac{1}{8h}+1\right):\frac{1}{2}\left(\frac{1(\alpha+1)}{2f}+\frac{1}{8h}+1\right),$$

wenn $\frac{1}{f}$ das Verhältniß der Stützlänge zur Stützhöhe, $\frac{1}{h}$ das Verhältniß der Spannweite zur Balkenhöhe bedeutet. Dabei ist es in ökonomischer Beziehung ziemlich gleichgiltig, ob der Balken blos an einem oder an mehreren Punkten seiner Länge von den Ketten getragen wird, und es wird daher die Aufhängung in der Mitte vorzuziehen sein, weil dann nicht die Dehnungen ungleich langer Ketten zu berücksichtigen sind.

Umsteuerungshebel von Johnson & Braithwaite. — Der Hebel wird am Quadranten nicht durch Zähne und Einleger befestigt, sondern kann mittelst einer Schraube in jeder Stellung festgehalten werden. Es befindet sich nämlich am Hebel eine Klemme, welche durch eine Schraube mit sehr starker Steigung, die durch eine Feder gedreht wird, gegen den Quadranten gedrückt wird, sobald man den Winkelhebel losläßt.

Doppelt wirkende Pumpe von Champonnois. — Der aus Kupferblech bestehende Cylinder steht auf einem gußeisernen cylindrischen Fußstück, welches durch ein in verticale Nuthen eingeschobenes Kreuz in vier Kammern zerlegt wird. An den Flügeln des Kreuzes befinden sich vier Kautschukventile, wovon zwei in der Abtheilung mit dem Saugrohr liegen, die beiden andern die zum Austrittsrohre führende Abtheilung schließen, die dritte Abtheilung des Fußstückes steht durch eine Oeffnung mit dem Boden des Cylinders und die vierte durch eine Oeffnung mit dem obern Ende des Cylinders in Verbindung. Diese Construction ist leicht und einfach, auch leicht auseinander zu nehmen.

Walker's entlasteter Dampfschieber — zeigt eine schon anderweit versuchte Einrichtung, in dem der Schieber mittelst einer Charnierstange an einer elastischen Deckplatte am Gehäuse aufgehangen ist. Schieber und Schieberspiegel sind nach einem Halbmesser gleich der Länge der Charnierstange cylindrisch abgedreht.

Radinger, Versuche über die Festigkeit steirischer und englischer Eisensorten. — Die Probestücken wurden in kaltem Zustande aus den verschiedenen Eisensorten herausgehauen, cylindrisch abgedreht mit hervortretenden Köpfen an den Enden und in der Mitte auf 2 Zoll Länge noch auf 4 bis 7 Linien Durchmesser eingedreht. Die Zerreißmaschine war eine zweckmäßige und solide Hebelvorrichtung mit gußeisernem Gerüst und 25fachem Hebelverhältniß. Nach eingetretener Dehnung ließ sich der Hebel wieder horizontal stellen. Für englische Eisensorten (Streckeisen, Winkeleisen und Kesselbleche) erhielt man ein durchschnittliches Bruchgewicht von 414,5 Ctr. pro Quadratzoll und eine durchschnittliche Zusammenziehung des Bruchquerschnittes auf 0,549. Die Festigkeit schwankte von 353 bis 483 Ctr., die Verminderung des Querschnittes von 0,39 bis 0,84. Für die Neuberger Sorten ergab sich die Festigkeit im Mittel zu 445,7 Ctr., die Ver-

minderung des Querschnittes zu 0,576, die Dehnung zu 0,238 der ursprünglichen Länge des eingedrehten Theiles. Die Festigkeit schwankte von 391 bis 571, die Querschnittsabnahme von 0,416 bis 0,825, die Dehnung von 0,125 bis 0,368. Für die Neuberger Bleche beträgt die Festigkeit 430, für ausländische (englische, französische und rheinische) Bleche 412 Ctr. pro Quadratzoll. Für Bessemer Stahl fand Herr R. 695 bis 702 Ctr. bei 0,31 Dehnung, für Neuberger Puddelstahl 778 bis 802 Ctr. bei 0,21 Dehnung, aber gewalzt blos 470 Ctr. bei 0,375 Dehnung, für Meyr'schen Gußstahl 865 Ctr.

Fink, verbesserter Centrifugalregulator. — Seitwärts von den in gewöhnlicher Weise am Muff angebrachten Frictionsrädchen befindet sich eine liegende Welle mit dem dritten Frictionsrädchen und einer Schraube ohne Ende, welche die Drosselklappenregulirung besorgt. Im Normalgange berühren sich die Rädchen nicht, tritt aber eine Aenderung in der Spielzahl ein, so wird das eine der Frictionsrädchen am Muffe in das Rädchen an der Welle greifen und die gewünschte Stellung der Drosselklappe besorgen.

Hrabak, über den günstigsten Expansionsgrad doppelt wirkender Dampfmaschinen. — Welcher Expansionsgrad als der ökonomisch günstigste zu bezeichnen sei, hängt ab von dem Verhältniß zwischen der erzielten Brennmaterialersparniß und den zuwachsenden höheren Anlagskosten bei der Maschine und den Dampfkesseln, wobei aber zugleich darauf, ob condensirt wird oder nicht, wie hoch die Anfangsspannung ist, wie stark eine Maschine sein soll u. s. w. Rücksicht zu nehmen ist. Der Herr Verfasser legt die nach den Völckers'schen Versuchen ergänzte Schmidt'sche Theorie zu Grunde und stellt für die Kosten der Dampfmaschinen (in Fl. östr. W.) und Kessel folgende Formeln auf:

Volldruckmaschine	$W = 1100 + 50N + 5000\,O(p_1 - 1)$
Expansion ohne Condensation	$1200 + 60N + 5000\,O(p_1 - 1)$
Condensationsmasch. ohne Balancier	$2080 + 64N + 8000\,O\,p_1$
desgl. mit Balancier	$2600 + 80N + 10000\,O\,p_1$
Woolf'sche Maschinen	$3000 + 90N + 11000\,O\,p_1$

worin O die Kolbenfläche in Quadratmetern, p_1 die Admissionsspannung in Atmosphären, N die Anzahl der Pferdekräfte bedeutet, sowie für die

Dampfkesselkosten $w = 200 + 1500\,S\,(p_1 + 1)$,

worin S den Dampfverbrauch pro Secunde in Kilogrammen bedeutet. Durch Berechnung verschiedener zweckmäßig gewählter Beispiele ergeben sich dann als die größten Werthe der ökonomisch günstigsten Füllungsgrade für Maschinen von 20 bis 180 Pferden bei 4 Atmosphären Admissionsspannung

bei Condensation mit Balancier	0,44	bis	0,37
„ „ ohne „	0,41	„	0,33
ohne Condensation	0,84	„	0,41

als die kleinsten Werthe aber folgende:

Condensation mit Balancier	0,31	bis	0,25
„ ohne „	0,28	„	0,23
ohne Condensation	0,33	„	0,31.

Höhere Admissionsspannungen sind namentlich bei starken Maschinen vortheilhaft, die Condensation namentlich bei niedrigeren Spannungen und starken Maschinen.

(Schluß folgt.)

Notizen.

Neue Art von architektonischer Ausstellung. — In den ersten Tagen des Oktobers vorigen Jahres wohnte eine Zahl angesehener Einwohner von Florenz im Garten der Herren Alinari einer neuen Art von architektonischer Ausstellung bei, welche demnächst dem ganzen Publikum zugänglich gemacht werden soll. Der sehr geachtete Architekt und Ingenieur Andrea Scala brachte nämlich den glücklichen Gedanken zur Ausführung, die von ihm projectirte neue Façade des Domes von Florenz einigen Kunstkennern ziemlich in der Größe der Ausführung vorzuführen. Zu diesem Ende bediente er sich eines positiven photographischen Bildes seiner Zeichnung, welches auf Glas aufgenommen war und durch elektrisches Licht beleuchtet wurde. Auf der Hinterseite des Hauses der Herren Alinari war eine große Leinwand aufgehangen, welche das Gebäude bis zum dritten Stock bedeckte. Vor derselben war im Abstande von 20 Metern der photographische Apparat aufgestellt und nach Entzündung des elektrischen Lichtes warf derselbe das Bild der von Scala projectirten neuen Façade des Domes Santa Maria del Fiore auf diese Leinwand, wo es sich zur allgemeinsten Bewunderung höchst effectvoll ausnahm. Wir hören, daß Herr Scala der Commission den Vorschlag gemacht hat, sein und die übrigen eingegangenen Projecte über den Umbau der Façade des genannten Domes an dieser Façade selbst zur Exposition zu bringen, wozu dieselbe mit Leiwand bekleidet und der photographische Apparat im Kloster San Giovanni aufgestellt werden müßte; die Commission nahm mit vielem Beifall diesen Vorschlag auf, da nur diese Art der Ausstellung vollkommene Gelegenheit bietet, die Vorzüge der einzelnen Projecte gehörig unter sich zu vergleichen.

(Giornale dell' Ingegnere-Architetto ed Agronomo vom Oktober 1864.)

Pierrard's Anbringung der losen Riemenscheiben. — Wenn die lose Riemenscheibe direct an der Welle angebracht ist, wie dies gewöhnlich geschieht, so kann es, namentlich wenn die Sitzfläche nicht gut geschmiert wird, wohl geschehen, daß sie von der Welle mitgenommen wird. Deshalb läßt Pierrard in Reims diese Rolle, deren Nabe dazu aufgeschwollen ist, auf einem an dem danebenstehenden Zapfenlager angegossenen Zapfen reiten, sodaß die Bewegung allerdings sofort aufhören muß, sobald der Riemen auf diese lose Scheibe geschoben wird. Hierbei wird zugleich eine ziemliche Oelersparniß erzielt, weil man nicht so häufig zu schmieren braucht. (Le Génie industrielle, No. 166.)

Visirlatten von Devailly & Cozic. — Diese Latten bestehen aus zwei nebeneinander verschiebbaren Theilen von 2,15 Met. Länge und sind mit je drei Visirtafeln (weiß und schwarz für die eine, weiß und roth für die andere Schiebelatte) versehen, wovon eine oben, eine in der Mitte und die dritte unten angebracht ist. Von diesen Latten ist die eine, z. B. die linke, zum Ablesen auf der hinteren, die andere zum Ablesen auf der vorderen Station bestimmt. Wird also nun beim Rückwärtsvisiren die der Visirlinie zunächst befindliche linke Tafel eingestellt, dann die Latte auf die vordere Station geschafft und die rechte Tafel eingestellt, so erkennt man dann an der Latte durch einmaliges Ablesen und, ohne daß ein Irrthum möglich ist, sofort die gesuchte Niveaudifferenz.

(Annales du Génie civil, Aout 1864.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem elften Bande des

Civilingenieur.

№ 2.

Literatur.

Allgemeine Maschinenlehre. Ein Leitfaden für Vorträge, sowie zum Selbststudium des heutigen Maschinenwesens, mit besonderer Berücksichtigung seiner Entwicklung. Für angehende Techniker, Cameralisten, Landwirthe und Gebildete jeden Standes. Von Dr. Moritz Rühlmann, Professor an der polytechnischen Schule zu Hannover, Ritter des königl. hannov. Guelphenordens dritter Classe u. s. w. u. s. w. Mit zahlreichen Holzschnitten aus dem Mezger'schen Atelier. Zweiten Bandes erste Hälfte. Braunschweig, C. A. Schwetschke und Sohn (M. Bruhn). 1865.

Der mit dieser Lieferung beginnende zweite Band von Rühlmann's allgemeiner Maschinenlehre umfaßt alle Arten von Mühlen und die landwirthschaftlichen Maschinen, ist also zwar nicht von so allgemeinem Interesse als der vor $2\frac{1}{2}$ Jahren erschienene und im Literatur- und Notizblatte zum 8. Bande dies. Zeitschr. mit gebührender Anerkennung besprochene erste Band dieses vorzüglichen Werkes, behandelt aber doch Maschinen, welche Jedermann und namentlich jeder Techniker genauer kennen sollte, und trägt diesen Gegenstand in der interessantesten und lehrreichsten, dabei aber zugleich in einer ganz allgemein verständlichen Weise vor. Die erste Hälfte enthält die Getreide-, Graupen-, Grütze-, Reis-, Schrot- und Quetsch-, Knochen-, Mörtel- und Cement-, Farben-, Loh- und Tabakmühlen, mit den ältesten Handmühlen beginnend und bis zu den vollendetsten neueren Constructionen fortschreitend, den Vortrag durch zahlreiche (210 Stück) gute Holzschnitte erläuternd und fortwährend durch historische Bemerkungen würzend, während zahlreiche literarische Nachweisungen als Wegweiser für ein eingehenderes Studium beigegeben sind. Besonders die Getreidemühlen sind mit einer noch nicht dagewesenen Ausführlichkeit behandelt, und wenn sich andere berühmte Werke über das Mühlenwesen durch Vollständigkeit und Detail der Zeichnungen vor diesem auszeichnen mögen, so kann sich sicher keines in Bezug auf ausführliche Berücksichtigung aller im Mühlenbau gemachten Verbesserungen damit messen, weshalb kein Maschinenbauer und Constructeur dieses Werk ohne Bereicherung seiner Kenntnisse durchstudiren wird.

Die Schule der Mechanik und Maschinenkunde. Zum Selbststudium für Laien und angehende Fachgenossen ursprünglich bearbeitet von Franz Luckenbacher. Zweite vermehrte Auflage, mit Rücksicht auf den Schulgebrauch zum großen Theil neu bearbeitet von Friedrich Kohl, Oberlehrer an der Königl. Werkmeister-, Baugewerken- und höheren Webeschule zu Chemnitz. Mit 370 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig. Verlag von Otto Spamer. 1865.

Eine ganz populär gehaltene Schrift, welche nicht für die Kreise unserer geehrten Leser berechnet ist und daher hier nur deshalb flüchtig besprochen werden kann, weil der Ingenieur von Laien oft genug um die Nachweisung derartiger Werke angegangen wird. Die Verdienste der neuen Bearbeitung können wir wegen Unkenntniß des Luckenbacher'schen Buches nicht würdigen; wenn dieselbe aber auch für den Schulgebrauch bestimmt sein soll, so können wohl nur ganz elementare Schulen dabei in's Auge gefaßt worden sein. Die Ausstattung ist, wie bei allen Artikeln des Spamer'schen Verlages, höchst lobenswerth.

Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst von Franz Rziha. Mit über 600 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Erste Lieferung. Berlin. Verlag von Ernst & Korn (Gropius'sche Buch- u. Kunsthandlung). 1865.

Wie wir bereits in unserer Besprechung des unter dem Titel: „die neue Tunnelbaumethode in Eisen" erschienenen Vorläufers dieses Werkes bemerkten, war bis jetzt ein vollständiges Werk über den Tunnelbau noch nicht vorhanden und dieser Mangel um so fühlbarer, da die Monographieen, welche über einzelne Tunnel erschienen sind, nicht gerade leicht zugänglich sind. Durch ein um so vorzüglicheres Werk dürfte aber nunmehr diese Lücke ausgefüllt werden, denn das hier zu besprechende erste Heft des Rziha'schen Lehrbuchs der gesammten Tunnelbaukunst läßt mit Zuversicht ein nach allen Seiten hin befriedigendes Lehrbuch erwarten. Der Herr Verf. beginnt seine schwierige Arbeit mit einer umfänglichen Darstellung der bergmännischen Gewinnungsarbeiten, welche sich nicht blos auf Dasjenige beschränkt, was etwa für Eisenbahningenieure wissenswerth ist, sondern welche auch selber für Bergingenieure des Lehrreichen und Interessanten sehr viel darbietet, zumal da auch vielfach historische Notizen eingeflochten sind. Von besonderer Wichtigkeit sind unter Anderm die Betrachtungen über die zweckmäßigste Bohrerform, über das Ansetzen der Bohrlöcher und den Wurf. Die erste Lieferung schließt mit der Beschreibung der verschiedenen Versuche zum Maschinenbohren, dessen Wichtigkeit jetzt so allgemein anerkannt wird. Der großen Gediegenheit in der Bearbeitung dieses Werkes entspricht auch seine äußere Ausstattung, welche ebenso elegant gehalten ist, als bei der bereits citirten kleinen

Schrift desselben Verfassers über den Tunnelbau in Eisen, und somit muß diese erste Lieferung bei allen Eisenbahn- und Bergingenieuren den lebhaftesten Wunsch nach der Fortsetzung und baldigen Vollendung dieses vorzüglichen Werkes rege machen.

Technologisches Skizzenbuch. Eine systematisch geordnete Zusammenstellung skizzirter Zeichnungen der Oefen, Maschinen und Werkzeuge, welche bei der Darstellung von Roheisen, Schmiedeeisen, Stahl, Zinn, Zink, Blei und Kupfer, sowie bei der Verarbeitung der Metalle, Hölzer und Gespinnstfasern vorzugsweise in Anwendung kommen. Zum Gebrauch für technische Lehranstalten und Universitäten, sowie zum Selbststudium für Techniker und Gewerbtreibende bearbeitet von Carl Heinrich Schmidt, Professor an der polytechnischen Schule zu Stuttgart. Abtheilung III. Verarbeitung der Gespinnstfasern. Stuttgart. Ad. Becher's Verlag (Gustav Hoffmann). 1864.

Mit dieser Lieferung schließt das technologische Skizzenbuch, welches auf 54 Tafeln mit 1055 Figuren Skizzen aller wichtigeren Apparate, Werkzeuge und Maschinen der hauptsächlichsten Gewerbe vorführt und, wie wir schon in den Besprechungen der beiden ersten Lieferungen dieses Werkes gesagt haben, sowohl als Beigabe zu manchen Lehrbüchern der mechanischen Technologie, als auch besonders zu Schulzwecken empfohlen werden kann, da die Figuren zum Herausschneiden und Einkleben in die Hefte eingerichtet sind. Die vorliegende Lieferung bringt auf Tafel 1 und 2 die Skizzen der hauptsächlichsten zur Baumwollspinnerei verwendeten Maschinen, auf Tafel 3 und 4 Skizzen der wichtigsten Apparate und Maschinen zur Flachsbereitung und Spinnerei; ebenso 2 Tafeln mit Kammwollspinnereimaschinen, 1 Tafel über die Streichwollspinnerei, 4 Tafeln mit Geräthen und Maschinen für Hand- und Maschinenweberei, 3 Tafeln mit Apparaten zur Bleicherei und Appretur, 1 Tafel mit Zeugdruckmaschinen und 1 Tafel über Papierfabrikation. Diese Skizzen sind deshalb so verständlich und zum Selbststudium wie zu Lehrzwecken geeignet, weil sie blos die hauptsächlichsten Organe der Maschine mit Auslassung aller Nebentheile vorführen, auch läßt die Auswahl des Materiales und seine Anordnung Nichts zu wünschen.

Notiz- und Skizzirbuch für Ingenieure und Gewerbtreibende mit einer Sammlung der für das praktisch-technische Leben unentbehrlichsten Tabellen und Notizen. Herausgegeben von Reinhart Jähns, Ingenieur. Berlin, 1865. Verlag der Plahn'schen Buchhandlung (Henri Sauvage).

Nach Ansicht des Herrn Verf. sind die meisten der vorhandenen technischen Taschenbücher mit einer Menge todten Materials gefüllt, welches ihrer Bequemlichkeit Eintrag thut, und ist daher sein Streben dahin gerichtet gewesen, in dem vorliegenden, allerdings sehr wenig umfänglichen und trotzdem auch noch mit mehreren Bogen reinen Papieres versehenen Notiz- und Skizzirbuche nur die für den praktischen Ingenieur wirklich brauchbaren und nothwendigen Tabellen und Formeln zusammenzustellen und auf ein Minimum von Raum zu reduciren. Ein in diesem Sinne arrangirtes Taschenbuch wird gewiß auch Anklang finden, wenn es nur mit genügender Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit angefertigt ist, in dieser Beziehung bleibt aber bei vorliegendem Büchlein Vieles zu wünschen übrig, auch wäre es dem Geiste und Zwecke dieser Sammlung wohl entsprechender gewesen, wenn statt der sechsstelligen 4stellige Logarithmen, statt der vielen aus englischen Büchern entlehnten Tabellen solche, die in Deutschland brauchbar sind, statt der noch an vielen Stellen beibehaltenen antiquirten Maaße und Gewichte die jetzt giltigen aufgenommen worden wären u. s. w.

Dictionnaire militaire-technique Français-Allemand-Anglais-Russe renfermant tous les termes concernant l'Art Militaire en général et toutes ses Parties spéciales. Avec l'assentiment de sa Majesté l'Empereur de toutes les Russes par And. Engel, translateur en chef du Comité scientifique de la Marine Impériale de Russie. Livr. 1 et 2. St. Petersbourg. H. Schmitzdorff, Libraire de la Cour Impériale, Perspective de Nevsky, maison Bosse No. 5 en face de l'État Major. 1865.

Ist das soeben angekündigte Lexicon in der Hauptsache auch nur für Militairs bestimmt, so glauben wir desselben dennoch in diesen Blättern erwähnen zu dürfen, da ja alle Branchen der Technik so innig untereinander verflochten sind, daß jede bei allen andern Hilfe suchen muß, und da demgemäß auch solch ein Lexicon für viel weitere Kreise brauchbar sein wird, als für diejenigen, für welche es ursprünglich bestimmt war. Uebrigens zeigt sich auch beim Durchblättern der erschienenen beiden Hefte, daß der Herr Verf. sich keineswegs auf die militärische Technik beschränkt, sondern ein möglichst vollständiges allgemeines technisches Lexicon zu liefern strebt, und für Manche unserer Leser wird dieses Lexicon noch dadurch einen besonderen Werth erhalten, daß ihm die russischen Termini technici beigegeben sind. Was Umfang und Ausführlichkeit anlangt, so wollen wir hier nur anführen, daß der Buchstabe A über $8\frac{1}{2}$ Bogen groß Octav füllt, wobei zu bemerken ist, daß jede Seite in vier Columnen für die vier vertretenen Sprachen getheilt ist. Die Ausstattung ist elegant und der Druck deutlich und correct.

Der Mahovos als Mittel zur Verminderung der Bau- und Betriebskosten der Eisenbahnen von Carl v. Schuberszky, kais. russ. Ingenieur und Stabs-Capitain. Wien. Druck und Commissionsverlag von Carl Gerold's Sohn. 1864.

Diese kleine Broschur ist bestimmt, einen jedenfalls sehr genialen Vorschlag zur Verminderung der Betriebskosten auf Eisenbahnen der Prüfung des deutschen Ingenieurstandes vorzulegen. Dieser Vorschlag ist nämlich in der Hauptsache folgender: es soll durch einen Apparat, welchen der Herr Erfinder Mahovos nennt, die beim Abwärtsfahren der Züge auf fallenden Bahnstrecken freiwerdende und jetzt durch Anziehen der Bremsen vernichtete Arbeitsmenge angesammelt werden, um dann später beim Ersteigen von Rampen der

Locomotive zu Hilfe zu kommen, in der Art wie das Schwungrad der Dampfmaschinen die periodisch überschüssig werdende Kraft aufspeichert und in den Momenten, wo die Widerstände die Kraft übertreffen, wieder ausgiebt. Näheres über die Einrichtung dieses Apparates hier mittheilen zu wollen, hieße dem vorliegenden Schriftchen das Interesse entziehen, wir glauben indessen hinzufügen zu müssen, daß der Herr Verf. in diesem Schriftchen nicht etwa blos ein unfertiges Project vorlegt, sondern daß die vorgeschlagene neue Betriebsmethode nach allen Seiten hin reiflich von ihm erwogen worden ist, und daß Derselbe demnächst auf russischen Bahnen mit seinem Mahovos Versuche im Großen anstellen zu können hofft, wir wollen uns aber auch andrerseits nicht versagen, die Bemerkung auszusprechen, daß einige der in dieser Broschur gemachten Vorschläge wohl an dem Widerstande scheitern dürften, welchen sehr schnell rotirende Schwungräder in Folge ihres Beharrungsvermögens einer Verrückung ihrer Rotationsebene entgegensetzen.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur-Vereins. XVI. Jahrg. 1864, Heft 1 bis 6. (Schluß.)

Mörath, Festigkeitsversuche mit Reschitzaer Eisensorten. — Bei den Proben über die absolute Festigkeit wurden Stücke von schwalbenschwanzförmiger Quadratform angewendet und Folgendes beobachtet:

	Festigkeit.		Dehnung.
Balkenrippe	500	Ctr.	0,073
Birnförm. Halbbalken	568	„	0,078
Winkeleisen	462,4	„	0,099
Sehniges Eisen	566	„	0,068
Korneisen	817	„	0,039
Puddelstahl (ungehärtet)	714,4	„	0,047
Dagegen fremde Eisensorten:			
Leobener Stahl (ungehärtet)	982,5	Ctr.	0,031
Bessemer Stahl (engl.)	1070	„	0,0156
Gußstahl	1187	„	0,000

Die Versuche über die relative Festigkeit wurden mit sehr großen Balken von 3,3 bis 8,7 Ctr. Gewicht angestellt und nach der Formel $E = \frac{1}{48} \frac{Q + \frac{5}{8} G}{f I} l^3$ berechnet, worin Q die Last in wien. Ctrn., G das eigne Gewicht, l die freie Länge und f die Einbiegung in Zollen, I das Trägheitsmoment des Querschnittes um die Schwerpunktsaxe bedeutet. Die Versuche ergaben:

14,5 zöllige Balkenrippe $f = 0,25$ bis $0,71$;
$E = 254332$ bis 270090.

11,75 zöllige Balkenrippe $f = 0,25$ bis $0,80$;
$E = 251177$ bis 263173.

Birnförmiger Halbbalken $f = 0,29$ bis $0,42$;
$E = 251953$ bis 294002.

Für die Güte des Reschitzaer Eisens sprachen auch die Versuche mit dem Schweißen, Umbiegen, Lochen und Vernieten im kalten und warmen Zustande. Beim Stumpfzusammenschweißen von Blechträgern und Winkeleisen werden dieselben erst aufgestaucht, dann auf den Flächen eben gefeilt, handwarm gemacht und mit einer dickflüssigen, zuvor aber mit etwas Salmiakgeist etwas verdünnten Masse aus in Scheidewasser aufgelösten Stahlspänen und Borax bestrichen. Nun wird ein ca. 2 Linien dickes, gleich großes und ebengefeiltes Gußstahlblech ebenso bestrichen und zwischen die zusammenzuschweißenden Stücken eingelegt und dazwischen mittelst Schraubenkluppen festgeschraubt. Die zusammengeschraubten Stücke, bei denen die dem Feuer auszusetzenden Kluppen u. s. w. mit einem Teig aus Lehm und zerstoßenen feuerfesten Ziegeln zu bekleiden sind, werden sodann in ein zweidüsiges Feuer genommen und durch allmäliges Anziehen der Schraubenkluppen zusammengepreßt; dies muß namentlich in dem Moment, wo das Stahlblech zu schmelzen anfängt, rasch geschehen, worauf man die Schweißstelle noch glatt hämmert.

Johanny, rauchverzehrende Stubenöfen. — In der Mitte des Rostes befindet sich ein enges, unten nach dem Aschenfall hinabgehendes und oben einige Zoll langes Rohr, um welches die Kohlen ringsherum liegen und über welches ein zweites weiteres Rohr gestülpt ist, welches aus dem Deckel des Feuerraumes bis auf die Kohlenschicht herabreicht. Wenn beide Rohre weißglühend geworden sind, so hört jeder Rauch auf.

Oehme, Kippstockeinrichtung für Langholztransportwagen. — Um die Beschädigung der Wägen zu vermindern, hat Herr Hladik in Reichenberg auf dem Gestell ein Paar gesprengte Träger aus Bahnschienen angebracht, deren Enden in schmiedeeisernen Schuhen über den Axen ruhen. Der ebenfalls mit Schienen armirte Kippstock dreht sich in der Mitte um einen Reibnagel und schleift mit den Enden auf diesen Trägern.

Salzmann, Zangenwagen zum Transport von Schienen u. dergl. — Statt eines eigentlichen Wagens ist hier blos eine krumme Axe mit Deichsel vorhanden, an der die beiden auf den Schienen laufenden Räder stecken. Von der Mitte der Krummaxe und von der Deichsel hängen Zangen herab, welche beim Heben sich schließen, beim Senken sich öffnen und bis 5″ über das Schienenniveau herabgehen. Mit diesem etwa 180 Pfd. wiegenden Wagen kann 1 Mann Lasten bis zu 10 Ctr. bequem überall hintransportiren.

Schwarz, Abnutzung der Schienen auf frequenten Bahnhöfen. — Auf dem Wiener Bahnhof der Kaiser Ferdinand-Nordbahn kommen mit täglich 12 Güterzügen à 35 Wagen jährlich ca. 14600000 Ctr. an und gehen mit täglich 8 Lastzügen à 52 Wagen jährlich ca. 3000000 Ctr. Güter ab, ferner gehen täglich 11 Personenzüge à 12 vierrädrigen Wagen nach beiden Richtungen und es wird daher im Geleise nach Wien jeder einseitige Schienenstrang jährlich von 24221400 Ctrn., im Geleise von Wien von 18085400 Ctrn., auf dem Bahnhofe selbst aber von 72500000 Ctrn. passirt. Hiernach würde man erwarten können, daß die Schienen auf dem Bahnhofe 2,5, im Gleise nach Wien aber 7,5 Jahre dauern würden, wenn sie im Gleise von Wien 10 Jahre dauern. Deshalb ist für den Bahnhof die Anwendung von stählernen Schienen sehr zu empfehlen, da die Dauer der Eisen-, Puddelstahl- und Gußstahlschienen sich wie 1 : 3 : 6 verhalten soll.

v. Löwenthal, über die Sicherheitsventile von Klotz. — Solche Ventile (siehe d. Bl. Jahrg. 1862. S. 24) sind jetzt auf der Kaiserin Elisabethbahn ziemlich allgemein eingeführt und gewähren den gewöhnlichen Ventilen gegenüber den Vortheil, daß selbst bei hohen Pressungen im ungünstigsten Falle bei geöffnetem Ventil nur eine unbedeutende Erhöhung der Spannung eintritt, obgleich das Ventil sich nur um 0,3 bis 0,6 Wien. Linien hebt.

Maader's Bahnkarren (Maderon) — besteht aus einem niedrigen zweirädrigen Karren, dessen Räder hintereinander auf demselben Schienenstrange laufen, und welcher an einer in der Mitte des Wagens seitwärts angebrachten Stange mit querdazustehender Deichsel geschoben wird. Solche Karren können sofort von der Bahn entfernt und doch zum Transport von Lasten bis zu 6 Ctrn. mit einem Manne und von über 12 Ctrn. mit 2 Mann mit Vortheil benutzt werden, eignen sich also sehr zum Transport von Materialien auf in Betrieb befindlichen Bahnen.

Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover. Band X. Jahrg. 1864. Heft 2 und 3.

Debo, englisches Probirverfahren für Portlandcement. — Bei größeren öffentlichen Bauten wird in England eine besondere Bauhütte zur Vornahme von Proben mit dem angelieferten Cement errichtet, welche Einrichtung sich von sehr wohlthätigem Einflusse auf die Güte der Waare bewiesen hat. Zunächst wird das Gewicht untersucht, welches für den gestrichenen Bushel 110 Pfd. engl. oder 1375 Kilogr. pro Cubikmeter betragen muß, dann werden Probeziegel aus 1 Th. Cement und 1 Th. reinem Sand angefertigt und auf die absolute Festigkeit geprüft, welche sich mindestens auf 180 Pfd. pro Quadratzoll belaufen muß, wenn die Ziegel 1 Tag an der Luft und 6 Tage im Wasser erhärtet sind.

Bokelberg, über Steinbrechmaschinen. — Auf der Londoner Ausstellung erregte eine von dem Amerikaner Blake erfundene nußknackerartig arbeitende Steinbrechmaschine, welche aber noch ziemlich mangelhaft war, die Aufmerksamkeit der Ingenieure. Neuerdings baut die Georg-Marienhütte derartige verbesserte Brechmaschinen, welche zur Herstellung von Steinschlag sehr geeignet erscheinen, indem die Zerkleinerung von 1 Faden Grauwackensandstein incl. Sieben mit der Maschine 5 Thlr., mit Handarbeit 24 Thlr. zu stehen kommt. Die Beschaffenheit des Steinschlags ist freilich von der Structur des Gesteins abhängig, indem z. B. Muschelkalk und Basalt stenglige, pyramidale Stücke und viel Staub liefern, im Allgemeinen ist aber die Anwendung solcher Maschinen, welche natürlich am besten sogleich in den Brüchen aufzustellen sein würden, zur Beschaffung des Materiales für Beton, für die Unterbettung der Bahnschwellen und für die Beschüttung der Straßen, zur Zerkleinerung der Zuschläge auf Hütten u. dgl. sehr zu empfehlen, zumal eine solche Maschine sehr rasch arbeitet (sie bricht 72 Cubikfuß in 22 Minuten) und viele Menschen erspart.

Bolenius, der Bahnhof zu Emden. — Fortsetzung eines schon im ersten Hefte begonnenen längeren Aufsatzes, in welcher hauptsächlich die Gründung der Gebäude beschrieben wird. Diese Gründung erfolgte durch Sandschüttung, weil dieselbe eine bessere Vertheilung des Druckes als liegenden Rost bewirkt und vom Stande des Grundwassers unabhängig ist; man richtete aber vorher zur Probe 17 Sandbettungen von 4, 6, 8 und 10 Fuß Stärke her und belastete diese mit gemauerten Pfeilern von 525 bis 1103 Pfd. Gewicht pro Quadratfuß Basis theils unmittelbar, theils auf Bohlenbettung. Aus diesen Versuchen, an deren Ausführung Einiges auszusetzen ist, ging hervor, daß es unnöthig war, die Sandschicht stärker als 4 bis 6 Fuß zu nehmen, sowie daß die Bohlenbettung entbehrt werden konnte, man beschloß daher für den Wagenschuppen und die Nebengebäude 4 Fuß, für das Maschinen- und das Hauptgebäude 6 Fuß starke Schüttungen von reinem, scharfkantigem und grobkörnigem Sande aus dem Binnenlande anzuwenden, diese in den rechteckigen Gruben stark abzurammeln und diesen gehörig abzuwässernden Gruben um die dreifache Tiefe mehr Breite zu geben als dem Mauerfundamente, Letzteres aber für 2füßige Mauern mit 6′ 8″ Breite anzulegen und unter 45° abgetreppt in verlängertem Traßmörtel (1 Kalk, 1 Traß und 1 Sand) zu mauern. Die in dieser Weise hergestellten und bis zur Sockelhöhe vollendeten Fundamente des Wagenschuppens belastete man drei Monate später mit 432 Pfd. pro Quadratfuß Sockelfläche und beobachtete ihre Senkungen, nachdem diese Last 9 Wochen darauf geruht hatte, steigerte dann die Belastung bis auf 976 Pfd. und nach 8tägiger Ruhe bis auf 1934 Pfd. pro Quadratfuß Sockelfläche (d. i. 604 Pfd. pro Quadratfuß Unterfläche des Fundamentes) und notirte wieder die Einsenkungen, beschloß aber endlich, da sich bei Bloslegung der Fundamente zeigte, daß die untere Ziegellage um die halbe Stärke eingedrückt und eine bogenförmige Verdrückung des aufgeführten Mauerwerkes erfolgt war, daß diese Fundamente weggeräumt und neue 6 Fuß starke, 20 Fuß breite Sandschüttungen, sowie 8′ 4″ breite Mauerfundamente angewendet werden sollten. An dem in dieser Weise vor Eintritt des Winters bis zu 7 und 10′ Höhe aufgeführten Gebäude beobachtete man 4 Monate später vor Wiederbeginn der Arbeiten an den Langseiten schwache Einbiegungen in der Mitte, welche nach den Enden gleichmäßig abnahmen, und ein Einsinken des Kleibodens um 11,7 Zoll, doch beschloß man den Bau fortzusetzen und ihn nur möglichst leicht zu halten. Obschon aber die Senkungen nicht aufgehört haben, so sind doch an dem Gebäude keine Risse sichtbar geworden. Aehnliche Erfahrungen wurden auch mit den andern Gebäuden gemacht, obwohl das Maschinengebäude auf einer 6′ starken, 9′ über die äußeren Fundamentkanten hinausragenden und ganz durchgehenden Sandschüttung fundirt ist. Das Hauptgebäude steht auf Pfahlrost und zwar befinden sich unter den 6′ 3″ breiten Fundamenten der Umfassungswände drei, unter den 4′2″ breiten Fundamenten der innern Wände zwei Reihen von $3^1/_2$′ weit auseinanderstehenden, 35′ langen und 10″ starken kiefernen Pfählen, welche durch Kunstrammen mit 1800 Pfd. schweren Bären und 20 bis 25′ Fallhöhe eingeschlagen, durch Rostschwellen von 9×10″ verbunden und mit 3″ starken Bohlen abgedeckt wurden. Auch das Gebäude der steuerfreien Niederlage ist auf Pfahlrost fundirt, dessen Pfähle gleiche Dimensionen und Abstände haben, wie bei dem Hauptgebäude und 12′ tief in Sand stecken. Beim Einschlagen der lothrechten Pfähle ergab sich bei 17 Ctr. Gewicht und 21′ Fallhöhe des Bären ein durchschnittlicher Kostenpreis von 1 Thlr. 22 Sgr. für das Einschlagen und von 6,8 Sgr. für das Abborken, Spitzen, Köpfen und Beringen pro Pfahl; ein Pfahl wurde durchschnittlich in

5,42 Stunden bei 94,22 Schlägen um 31,31 Fuß eingerammt und zog in den letzten 10 Schlägen noch um 16,21 Zoll.

Hübbe, über die Deichdefension bei dem hohen Wasserstande der Elbe im Februar 1862. — Der Herr Verf. hat an der Unterelbe im Allgemeinen ähnliche Beobachtungen gesammelt, als Herr Tolle, über dessen Mittheilungen im IX. Bande der Zeitschr. des Hannov. Archit.- u. Ingen.-Ver. wir in d. Bl. auf Seite 6 des vor. Jahrg. referirten, an der oberen Elbe. Um für ähnliche Wasserstände die Widerstandsfähigkeit zu erhöhen, wird den Deichen in Ochsenwärder und Moorwärder eine $1\frac{1}{2}$ füßige Beschüttung auf der Binnenseite gegeben bis zur Erreichung der vorschriftsmäßigen Kammbreite von 16' bei 20' über Null, auch werden sie von Dornhecken und Gesträuch sorgfältig gereinigt, da dieses sehr hinderlich ist.

Köpke, über die Festigkeit eingedrehter Axen. — Der Herr Verf. macht darauf aufmerksam, daß der von Herrn Grahn im 18. Bande des „Organs für die Fortschr. d. Eisenbahnw." gelieferte mathematische Beweis für die geringe Widerstandsfähigkeit eingedrehter Axen insofern nicht ganz erschöpfend ist, als derselbe nicht darauf Rücksicht nimmt, daß dem Bruche nothwendig eine bleibende Durchbiegung der eingedrehten Stelle vorausgehen muß, während die übrige Axe eine solche Formänderung nicht zu erfahren braucht. Aus diesem Verhältniß erklärt sich dann auch, warum ein mehr allmäliger Uebergang, z. B. nach der Form des contrahirten Wasserstrahles, weit weniger schädlich wirkt, als eine scharfe Eindrehung.

Schmidt, über den Bau von Eisenbahndämmen auf Moorgrunde, besonders an der Bremen-Geeste-Bahn. — Lufttrocken gewordener Moorboden nimmt sehr schwer wieder Wasser an und kann daher zur Herstellung von Wegen und Dämmen verwendet werden, wobei man so verfährt, daß man längs des beabsichtigten Weges Gräben zieht und das dabei gewonnene Material, wenn es gehörig ausgetrocknet ist, auf die obere Decke des Moores aufstürzt, mit kleineren Stücken ausfüllt, endlich mit Lehm überkarrt und einplanirt. In dem sogen. Viehmoor in der Bremen-Geester Bahn, welcher ein Schilfmoor mit darunter liegendem, bis zu 45' tiefem Schlammmoor ist, suchte man die Eisenbahn in derselben Weise herzustellen, zugleich aber allen schwankenden Bewegungen dadurch vorzubeugen, daß man von der äußeren Böschung des einen Bahngrabens bis zu derjenigen des andern Grabens Querdurchschneidungen herstellte. Die Längsgräben wurden in 1,15 Ruthen Abstand von der Bahnaxe ausgehoben und 8' breit gemacht, die Querschnitte 4' breit ausgegraben und sofort mit trocknem Material ausgefüllt. Nach Vollendung von zwei Querschnitten stellte man die 2' weiten und 4' tiefen Längsschnitte am Fuße der zukünftigen Dammböschung her, in deren Sohle durch ein besonderes Moormesser noch 2 bis 3' tiefe Risse gezogen wurden. Nachdem alle diese Coupirungen ausgeführt und ausgeglichen worden waren, begann man mit der Aufbringung des Dammmateriales, beobachtete aber schon nach Aufstürzung von 6 Schachtruthen Masse pro laufende Ruthe eine Compression in der Mitte des zwischen den Längsschnitten eingeschlossenen Untergrundes, welche bei wachsender Dammhöhe bedeutend zunahm und eine Neigung der 6' breiten Bermen neben den Bahngräben bewirkte. Eintretendes Regenweter steigerte diese Uebelstände so sehr, daß die Bermen fast senkrecht und unter 3' Wasserbedeckung standen, sich auch Risse in der Mitte der Bahngräben bildeten, und diese Bewegungen scheinen nicht eher geruht zu haben, als bis die Masse den festen Untergrund erreichte.

Ueber die Anwendung von Dampfwagen auf öffentlichen Straßen. — Bericht einer aus den Herren Professor Rühlmann, Maschinendirector Kirchweger, Wegbaurath Bokelberg, Obermaschinenmeister Welkner und Prüsmann bestehenden Commission des Architekten- und Ingenieur-Vereines an das Königl. Ministerium des Innern. Das Gutachten lautet in technischer Beziehung dahin, daß auf schlechten Wegen der Nutzen der Straßenlocomotive fast Null ist, daß derselbe bei Ansteigung der Bahn fast zwei- bis dreimal so rasch abnimmt, als bei Pferdefuhrwerk, daß die gewöhnlichen Straßen nicht breit genug seien, um eine Befahrung mit langen Zügen und Straßenlocomotiven zu gestatten, überdies aber sehr stark angegriffen würden, daß endlich die jetzigen Straßenlocomotiven technisch noch nicht vollkommen genug seien. Was die Rentabilität anlangt, so erklärt die Commission, daß von den jetzigen Straßenlocomotiven, auch abgesehen von dem stärkeren Unterhaltungsaufwande für Straßen, im Allgemeinen ein pecuniärer Vortheil nicht zu erwarten sei, und in sicherheitlicher Beziehung hebt sie hervor, daß die Pferde leicht scheu werden, die Leitung der Straßenlocomotiven bei Dunkelheit unsicher sei, endlich Unfälle durch Funkenauswerfen und Stockungen des Verkehres bei Unfällen an der Maschine nicht zu vermeiden sein würden. Der Vorstand des genannten Vereines tritt im Allgemeinen diesem Gutachten bei, bemerkt jedoch, daß nach den bei Gelegenheit der Hamburger Ausstellung im Juli 1863 angestellten Versuchen sich die Lenksamkeit dieser Zugmaschinen als viel vollkommener, ihre Leistungsfähigkeit als bedeutend größer und ihre Gefährlichkeit in polizeilicher Beziehung als wesentlich geringer herausgestellt habe. Das angehangene Protokoll über diese Versuche hebt hervor, daß während der fast fünfstündigen Probefahrt trotz des außerordentlichen Gedränges, der Neuheit der Sache und sonstiger ungünstiger Umstände kein Unglück passirt sei, daß also die Lenkbarkeit dieser Zugmaschinen befriedigend und ihre Verwendung für die öffentliche Sicherheit unbedenklich sei. Sehr ungenügend erscheint aber ihre Geschwindigkeit und das Verhältniß der todten Last zur Nutzlast, auch sei in beiden Beziehungen eine Verbesserung in der Construction nicht zu hoffen; über die Unterhaltungskosten lasse sich aus den Versuchen kein genügender Schluß ziehen, aber die Anschaffungskosten seien höher, als diejenigen der entsprechenden Zahl guter Pferde, bezüglich der Anwendbarkeit sei der Zustand der Straßen von besonderem Einflusse, dieser aber einen großen Theil des Jahres so beschaffen, daß die Leistung der Zugmaschinen sehr darunter leiden würde.

Köpcke, Pfeilerfundirungen in Indien. — Nach den Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers auf 1863 hat man in Indien schon längst Senkbrunnen zur Fundirung von Forts und Brücken angewendet, indem man für einen Brückenpfeiler 3 bis 12 Stück 8 bis 18' weite gemauerte Cylinder durch Herausnahme des Sandes im Innern bis zu der beabsichtigten Tiefe versenkte. Bei der Brücke über den Jummafluß zu Allahabad, welche aus 14 Jöchern von 205' Lichtweite und 80' Höhe über Niedrigwasser besteht und 3075' Länge zwischen den Widerlagern besitzt, wurden, da eiserne Cylinder sehr schwer zu beschaffen gewesen wären,

für jeden Pfeiler zehn 13′ 6″ weite Senkbrunnen aus Ziegeln bis zu 43′ Tiefe unter dem Kleinwasserstande versenkt, wobei man in 35′ Tiefe Nichts wie theilweise mit Thon gemengten Sand vorfand. Um diese Cylinder versenken zu können, stellte man für den betreffenden Pfeiler durch Sandeinschüttung eine künstliche Insel von 275′ Länge und 120′ Breite her, welche an der Oberfläche ein Planum von 100′ Länge und 60′ Breite bot. Auf dieser Insel wurden in Abständen von 11′ in der Richtung der Länge und 15′ 6″ in der Richtung der Quere der Pfeiler zehn aus $^3/_8$ zölligem Eisenblech gebildete Schuhe von 13′ 6″ äußerem und 8′ 6″ innerem Durchmesser aufgestellt und auf diesen 12′ hoch das durch einen Mörtel aus Kalk und Ziegelmehl verbundene Ziegelmauerwerk mit 3′ $4^1/_2$″ Stärke aufgeführt, ehe man die Ausbaggerung im Innern begann. Zu dieser Arbeit bediente man sich einer sinnreich construirten Schaufel von $^3/_4$ Centner Gewicht, welche durch 10 Mann am Haspel bewegt wird und so eingerichtet ist, daß sie erst senkrecht in den Boden eingedrückt und dann am vorderen Ende in die Höhe gehoben und waagerecht zu Tage gezogen werden kann. Beim Tiefereinsinken der Cylinder wird stets neues Mauerwerk auf ihnen aufgeführt, auch hilft man noch durch aufgelegte Lasten dem Eindringen nach, welches anfangs etwa 15″ pro Tag betrug, aber mit der Tiefe bedeutend (bis auf 1″ in 24 Stunden) abnahm. Waren sie bis 43′ eingedrungen, so wurde eine 15′ hohe Schüttung von Beton (aus 1 Th. frischgebranntem ungelöschten Kalk, 1 Th. Ziegelbrocken und 2 Th. schwachgebranntem Kalk) eingebracht, welche man 18 Tage erhärten ließ und dann mit einer eingehangenen, aus 2 zöll. Brettern gefertigten und eine 3′ starke Mauerung tragenden Scheibe überdeckte und durch Taucher mit Holzkeilen rings abdichten ließ. Hierauf wurden die Senkbrunnen ausgepumpt und mit Bruchsteinen ausgemauert. Die unterste Schicht von Saumquadern des regulären Pfeilermauerwerkes liegt in einem 6″ tiefen Falze, welcher in der Oberfläche der Senkcylinder ausgearbeitet ist, und die frei liegenden Quadern dieser Schicht sind durch eiserne Klammern mit den übrigen verbunden. Die Arbeitslöhne beim Senken betrugen auf die ersten fünf Fuß Tiefe 10, bei den letzten 90 sh. pro Fuß, und in 3 bis 4 Monaten wurden 30 solche Cylinder bis zu 43′ Tiefe versenkt, wobei allemal die zehn zu einem Pfeiler gehörigen Cylinder gleichzeitig in Arbeit genommen wurden.

Buchholz, Drehbrücke über den Hauptcanal zu Geestemünde. — Diese in den Jahren 1861 und 1862 ausgeführte Drehbrücke, welche hier durch 4 Tafeln erläutert ist, verbindet den Bahnhof mit dem nördlichen Theile der Stadt Geestemünde, indem sie den 150′ breiten Canal mit zwei gleichen, 63′ langen Armen überspannt. Die Fahrbahn hat 18 und jeder der beiden Fußwege 5′, die Brücke im Ganzen aber 31′ 5″ Breite. Sie ruht auf einem 24′ starken runden Mittelpfeiler, welcher auf Pfahlrost gegründet ist, und auf zwei in der Canalmauer liegenden Widerlagspfeilern und besteht aus zwei parabolischen Blechbalken von 7′ 6″ Höhe in der Mitte und 4′ Höhe an den Enden, welche 18′ $4^5/_8$″ von einander entfernt und in Abständen von 9′ 6″ durch 1′ 9″ hohe Querträger aus Blech unter sich verbunden sind. Zwischen Letzteren liegen noch drei kleine Längenträger aus I Eisen und die eigentliche Brückenbahn bildet ein doppelter Bohlenbelag mit sich kreuzenden Bohlen. Die Fußwege liegen außerhalb der Hauptträger und werden durch Consolen getragen, welche seitwärts an Letztere angeschraubt sind, sind übrigens durch leichte eiserne Geländer eingefaßt. In der Mitte der Brücke befindet sich der 6″ starke verstählte Drehzapfen und das Laufrollensystem, welches durch radiale Stangen gehalten wird, und die Drehvorrichtung, welche so berechnet ist, daß ein Mann mit einem Kraftaufwand von ca. 24,5 Pfund die ganze Brücke zu drehen vermag; das Feststellen der Brücke wird aber durch eine auf den Uferpfeilern angebrachte Vorrichtung bewirkt, indem die Hauptträger an ihrem Ende mit schiefen Anläufen versehen sind, durch welche bei dem Hingleiten über zwei auf den Pfeilern befindliche Rollen die Brücke, wenn die Rollen gedreht werden, gehoben wird, bis ein Klinkhaken einfällt. Die Kosten dieses Bauwerkes belaufen sich auf 23826 Thlr. oder 138 Thlr. pro laufenden Fuß.

Funk, die neue Hebammen-Lehranstalt zu Hannover. — Bei dieser mit Berücksichtigung aller neueren Fortschritte im Bau ähnlicher Anstalten ausgeführten Anlage ist hauptsächlich die Heizungs- und Ventilationsvorrichtung von speciellerem Interesse für dies. Bl. Sie besteht aus Wasserheizung und Ventilation durch Pulsion, indem durch einen verbesserten van Hecke'schen Ventilator von $2^1/_2$′ Durchmesser die Luft aus einem 35′ langen unterirdischen Canale und einem 45′ hohen Luftschlote angesogen und in einem 80′ langen unterirdischen Canale von $6^1/_4$ □′ Querschnitt nach dem im Keller stehenden Wasserheizofen gepreßt wird, worauf sie, auf 40 bis 60° R. erwärmt, nach den verschiedenen Räumen des Gebäudes ausströmt. Der Wasserheizofen welcher 800′ schmiedeeiserne Röhren von $^3/_4$″ lichtem und $^5/_4$″ äußerem Durchmesser enthält, besteht aus dem untern Feuerraume, wo die mit Wasser gefüllten Röhren vom Feuer umspült und auf 150 bis 160° erhitzt werden, und aus dem oberen Raume, wo die Luft sich an diesen erhitzten Röhren erwärmt. Die Ventilation ist auf 3200 bis 4000 Cubf. pro Bett und Stunde berechnet und nach angestellten anemometrischen Beobachtungen liefert der Ventilator bei 450 Umgängen 122000 Cubf. Luft pro Stunde, wobei zu bemerken ist, daß die gemessenen Luftmengen sich wie 1 : 1,35 : 1,85 : 2,14 verhielten, wenn die Umgänge der Maschine im Verhältniß von 1 : 1,5 : 2 : 2,375 zu einander standen. Zwischen den nahe beim Ventilator gefundenen Luftmengen und den vor den Ausströmungsöffnungen in den einzelnen Zimmern gemessenen Quantitäten fand man keine gute Uebereinstimmung, es ergab sich vielmehr weniger Luft, während in Folge der Ausdehnung durch die Wärme eine Vermehrung zu vermuthen gewesen wäre. In den Zimmern befinden sich nicht nur Regulirungsklappen in den Eintrittsöffnungen, sondern auch solche für den Austritt der Luft und es war zu bemerken, daß bei der Oeffnung der Letzteren die Geschwindigkeit der einströmenden Luft merklich zunahm und von der zugeführten Luft 30 bis 54% durch die Abführungscanäle, 46 bis 70% aber durch Fenster, Thüren und andere Oeffnungen entwichen. Bei Abstellung des Ventilators bewirkte der Wasserheizungsofen allein, wenn er schwach geheizt wurde, einen etwa nur $^1/_3$ und bei starker Heizung einen etwa nur $^1/_2$ so starken Luftwechsel, und dieser wurde durch Oeffnung der Luftabführungsklappen sichtlich verstärkt. Nach einer in unserer Quelle durchgeführten Rechnung betrug der Nutzeffect des Heizofens bei 80 Umgängen der Maschine oder 600 Umgängen des Ventilators ca. 30 bis 36%, indem 167000 Cubf. Luft mit 55 Pfd. guter westphälischer Steinkohle um 56° R. erwärmt wurden.

Tolle, die Schutzwerke der Insel Norderney. — An der gefährdeten nordwestlichen Ecke der Insel, wo die Dünen fast ganz zerstört waren, wurde im J. 1858 auf 203 Ruthen Länge ein Dünenschutzwerk ausgeführt, welches aus einer auf Beton gebeteten, doppelt gekrümmten, liegenden Mauer von 17′ Breite und 7′ Höhe besteht, deren Fuß sich gegen eine Wand von dicht nebeneinandergestoßenen 10′ langen Pfählen und einem 16 bis 20′ breiten Vorbau aus Faschinen mit 1½′ starker Steinbedeckung stützt, während sich an den Kopf eine etwas geneigte Wand aus 6′ langen, ¾′ starken stehenden Steinen und ein 16′ breites Klinkerpflaster anschließt. Dieses Schutzwerk kostete 600 Thlr. pro laufende Ruthe. Um nun aber weiter den davor liegenden Strand zu schützen, wurden noch mehrere, im Querschnitt gewölbte, 40 bis 45 Ruthen lange und ebenso weit auseinanderstehende Strandbuhnen ausgeführt, welche seewärts abfallen, im Hauptkörper 20 bis 30′ breit und mit 6 bis 16′ breiten Bermen an den Seiten versehen sind, und aus Faschinenwerk mit einer Schüttung von Steinbrocken und einer Decke von schweren, zwischen fünf Pfahlreihen eingesetzten Quadersteinen bestehen. Dieselben haben auch schon einen sehr günstigen Einfluß auf den Strand geäußert.

Ueber die Arbeiten und Kosten der Eisenbahn zwischen Saint Germain des Fossés und Roanne. — Uebertragung einer längeren in dem September- und Oktoberhefte der Annales des ponts et chaussées auf 1859 enthaltenen Abhandlung, erläutert durch mehrere Holzschnitte.

Notizen über die englischen Eisenbahnen im Jahre 1862. — Nach einem Aufsatze von Gaudry im 1. Hefte der Annales des Mines auf 1863.

Erfolge der Technik in Großbritannien während der letzten 30 Jahre. — Nach einer am 12. Jan. 1864 gehaltenen Rede des Präsidenten der Institution of Civil Engineers.

Blake's Stein- und Erzbrechmaschine. — Diese Maschine, über deren verbesserte Construction schon oben auf S. 23 die Rede war, besteht aus einem gußeisernen Gestell, an dessen einem Ende ein rumpfartiges Maul mit einem festen und einem beweglichen Backen befindlich ist, während das andere Ende die Triebwelle mit Schwungrädern und einen festen Querbalken trägt. Der bewegliche Backen, welcher um eine oben liegende Axe schwingt, wird durch einen Kniehebelmechanismus gegen die in das Maul geworfenen Steine gedrückt und zerkleinert diese während ihres allmäligen Herabsinkens. Es befindet sich nämlich unter der Maschine ein starker einarmiger Hebel, dessen eines Ende sich um einen unter der Axe der beweglichen Backe liegenden Zapfen dreht, während sein anderes Ende an eine von der Triebwelle bewegte Lenkerstange angeschlossen ist. Zwischen den vorhererwähnten Querbalken des Gerüstes und die bewegliche Backe sind nun die beiden einen stumpfen Winkel miteinander bildenden Arme des Kniehebels eingeschaltet und eine von dem unteren Hebel getragene Schwinge sucht bei jeder Umdrehung der Triebwelle das Knie gerade zu biegen, wodurch die bewegliche gegen die feste Backe gedrückt wird. Stellkeile und Einlegeklötzchen gestatten eine Veränderung des Schubes und der Maulweite. Auf den Kirkleß Hall-Eisenwerken soll eine solche Maschine bei 5 Pferdekräften Betriebskraft und 200 Umgängen in 10 Stunden 100 bis 120 Tons Kalkstein mit 3 Pence Kosten pro Ton zu Stücken von 2½ Cubikzoll Größe zerkleinern und gegen Handarbeit 60% Ersparniß realisiren. Die Fabrik Marsden in Leeds liefert solche Maschinen zu folgenden Preisen:

Größe des Maules in Zollen engl.	Gebrochnes Material in Cubikfuß pro Secunde.	Betriebskraft in Pfkr.	Totalgewicht in Ctr.	Preis in Pfd.Sterl.
10″ breit 7″ weit	81	3	70	140
15 „ 7 „	122	4	95	180
20 „ 7 „	162	6	140	240

(Wir haben nach hiesigen Erfahrungen mit Brechmaschinen von der Königin-Marienhütte bei Zwickau zu constatiren, daß sie außerordentliche Leistungen geben, müssen aber bemerken, daß in constructiver Hinsicht noch Manches zu wünschen übrig ist, indem sehr viel Reparaturen vorkommen.)

Ueber bewegliche Wehre in Frankreich. — Derartige Wehre sind neuerdings in Frankreich mehrfach gebaut worden, z. B. an der Mündung der Yonne in den Hafen von Auxerre ein Wehr von 42,2 Met. Länge als Nadelwehr nach der Construction von Poirée, dann zu Conflans ein 35 Met. breites Wehr mit beweglichen Stautafeln, welche sich um horizontale Axen drehen, deren Lagerböcke sich umlegen lassen, welche sich aber selbst öffnen, sobald der Wasserstand bis zu einer gewissen Höhe steigt. Letzteres System wird bei 40 zu erbauenden Wehren in der Yonne, Seine und Marne angewendet werden, für 12 andere Wehre in der Marne wird ein neues einfaches System von Louiche Desfontaines benutzt, dessen in d. Bl. bereits auf S. 85 des vor. Jahrg. gedacht worden ist.

Notizen.

Porro, über das Nivelliren. — Viele der berühmtesten Gelehrten, u. A. Prony und Puissant, empfehlen Instrumente mit Verticalkreisen zum Nivelliren, dieselben haben aber bei den praktischen Geodäten keinen Eingang gefunden, man bedient sich vielmehr vorzugsweise verschiedener Instrumente mit Fernrohr und Libelle, welche nur in Nebensachen von einander abweichen. Die Hauptaufgabe, welche die Verfertiger mathematischer Instrumente in dieser Hinsicht zu lösen hätten, bestünde demnach darin, das Fernrohr mit der Libelle in so accurater Weise zu verbinden, daß die Axe des Fernrohres genau horizontal stünde, wenn die Luftblase einspielt. Unter dem Vorgeben aber, daß dies nicht zu erreichen sei, schieben die Mechaniker Schrauben und dergleichen bewegliche Theile ein, sodaß der Ingenieur genöthigt wird, sein Instrument selbst zu justiren und zum Gebrauch geschickt zu machen, und da diese beweglichen Theile beim Transport der Instrumente nur zu leicht in Unordnung kommen, so wiederholt sich dieses Justiren zum Verdruß und großen Zeitverlust des Ingenieurs sehr häufig. Es wäre daher an der Zeit, daß die Mechaniker diesen Schlendrian aufgäben und ihre Instrumente sogleich so vollendet und richtig ausführten, als es vom Geodäten zu seinen Operationen verlangt werden muß; sie würden dadurch die Anbringung complicirter Correctionsschrauben und für die Stabilität nachtheiliger beweglicher Theile vermeiden und dem Ingenieur mancherlei lästige Justirungsarbeiten ersparen und eine größere Sicherheit beim Arbeiten verschaffen. Mag dies nun aber auch geschehen, so muß doch das Instrument stets so eingerichtet

sein, daß man sich von dem Grade der Genauigkeit desselben leicht überzeugen kann, was bei den gewöhnlichen Nivellirinstrumenten selten genügend berücksichtigt ist.

Das gewöhnliche Verfahren bei dieser Prüfung besteht darin, daß man die beweglichen Stücken umlegt, und dieses beruht auf der Voraussetzung eines mathematisch genauen Contactes, welcher doch physisch nur sehr unvollkommen herzustellen ist. Deshalb sind diejenigen Instrumente, bei denen, wie bei den Röhreninstrumenten (livello cathialico), alle Phänomene rein optischer Natur sind, vorzuziehen, da sie ihre Genauigkeit unverändert beibehalten, welche Beschädigung auch an den Metalltheilen vorgehen mag, so lange die Gläser nicht zerbrechen. Allen andern Nivellirinstrumenten haften immer gewisse, mehr oder wenige beträchtliche Fehler an, welche durch die gewöhnlichen Justirungen nicht beseitigt werden können und daher in die Resultate übergehen. Wenn trotzdem mit diesen Instrumenten brauchbare Arbeiten ausgeführt werden, so gereicht dies nur der Geschicklichkeit der damit arbeitenden Ingenieure zur Ehre, vermindert aber nicht den gegen die Mechaniker ausgesprochenen Tadel.

Von den verschiedenen Methoden des Arbeitens, welche das Genie und die Geschicklichkeit der Praktiker erfunden hat, verdient eine genannt zu werden, welche in England und Italien Anwendung findet, aber in Frankreich und Deutschland minder bekannt zu sein scheint.

Während ein berühmter französischer Geodät, Bourdaloue, jedesmal vierfach oder doch mindestens zweifach umlegt, pflegen die englischen Ingenieurs an ihrem Instrumente, so lange sie damit arbeiten, Nichts zu verändern, behandeln es vielmehr, ob es gleich mit einer Menge von Rectificationsschrauben u. s. w. versehen ist, als ob das Fernrohr mit der Libelle unabänderlich fest verbunden wäre und während der Operation einen bestimmten constanten Fehler gäbe. Sie beobachten aber immer zu gleicher Zeit zwei Nivellirlatten und machen also ihr Nivellement gewissermaßen doppelt, wobei sie darauf sehen, daß die Vorwärts- und Rückwärts-Visirstationen ziemlich ungleich sind und die längere abwechselnd nach vorn und nach hinten fällt. Sie nehmen an, daß durch dieses doppelte Nivelliren nicht nur eine Probe erzielt, sondern auch die Fehler des Instrumentes mit ausgeglichen würden, was jedoch nicht ganz richtig ist.

Wenn man dieses Verfahren mit doppelten Visuren rationell ausführt, so läßt sich eine einfache, leicht anwendbare Formel aufstellen, mittelst deren sich die wahre Niveaudifferenz selbst bei einem beträchtlichen Fehler des Instrumentes berechnen läßt, sie setzt jedoch die Kenntniß der Entfernungen voraus.

Sei φ der constante Winkel, welchen die nicht ganz genau horizontale Axe des Instrumentes mit der Verticalen bildet, z die gesuchte Niveaudifferenz, h die an der Visirlatte abgelesene Größe und k die Distanz derselben vom Instrumente, so hat man für jedes Ablesen: $z + h = k \cot \varphi$ und man hat für die beiden Nivellirlatten, an denen abgelesen wird:

$$z' + h' = k' \operatorname{ctg} \varphi$$
$$z'' + h'' = k'' \operatorname{ctg} \varphi,$$

also durch Subtraction der beiden Gleichungen:

$$z' - z'' + h' - h'' = (k' - k'') \operatorname{ctg} \varphi,$$

wofür wir der Abkürzung wegen schreiben wollen:

$$\Delta z + \Delta h = \Delta k \operatorname{ctg} \varphi.$$

Für die zweite Station, für welche die beiden Latten stehen geblieben sind, erhält man eine ganz gleiche Beziehung zwischen den an beiden Latten abgelesenen Größen; man kann also setzen:

für die erste Station $\Delta z + \Delta_1 h = \Delta_1 k \operatorname{ctg} \varphi$
„ „ zweite „ $\Delta z + \Delta_2 h = \Delta_2 k \operatorname{ctg} \varphi$

und bekommt durch Subtraction:

$$\Delta z = \frac{\Delta_1 h \,.\, \Delta_2 k - \Delta_2 h \,.\, \Delta_1 k}{\Delta_1 k - \Delta_2 k}.$$

Dieser Ausdruck giebt die wahre Niveaudifferenz aus den gemachten Ablesungen und unabhängig von dem Fehler des Instrumentes. Will man diesen wissen, so braucht man den Werth von Δz nur in eine der obigen Gleichungen einzusetzen und $\operatorname{ctg} \varphi$ zu eliminiren.

Um nun aber jederzeit die Distanz leicht zu ermitteln, macht sich die Anbringung eines Distanzmessers am Fernrohre wünschenswerth und hierzu wird es genügen, an Stelle des einfachen Fadenkreuzes zwei horizontale Fäden übereinander anzubringen, einen über, den andern unter dem Mittelpunkte des Gesichtsfeldes und zwar in einem solchen Abstande von einander, daß die Visirstrahlen genau einen Winkel von 1:100 einschließen. Sind dann a und b die mit diesen Fäden gelesenen Zahlen und h diejenige Ablesung, welche mit dem gewöhnlichen Faden im Mittel erfolgt sein würde, so hat man

$$h = \frac{a + b}{2} \quad \text{und} \quad k = 50\,(a - b).$$

Der Gebrauch wird noch bequemer, wenn man eine in doppelte Centimeter eingetheilte und numerirte Nivellirlatte anwendet, indem dann sind:

h in Centimetern = (a + b) Theilen der Latte,
k in Metern = (a — b) „ „ „

Derartig eingetheilte Latten sind bei den gewöhnlich angewendeten Stationslängen vollständig lesbar und fast sicher vor Irrthümern; man erhält also durch bloses Ablesen von 2 Zahlen die Größen h und k, welche in die obige Formel, mittelst deren alle eigenthümlichen Fehler des Instrumentes eliminirt werden, eingehen. Wäre das Nivellirinstrument außerdem noch mit einem Horizontalkreis versehen und würde auf demselben jederzeit mit abgelesen, so hätte man dann alle erforderlichen Data zur Aufzeichnung der Horizontalprojection der abnivellirten Strecke.

Wenn dieses Verfahren genaue Resultate geben soll, so muß das Fernrohr ein anallaktisches sein, d. h. der Winkel des Distanzmessers muß stets derselbe bleiben, wenn auch der Focalabstand bei verschiedenen Entfernungen der Latten und wegen verschiedener Stärke der Augen der Beobachter verändert wird, jedoch werden hierdurch die Kosten eines solchen Instrumentes nicht sehr erhöht. Solche Instrumente gestatten dann aber auch zugleich geodätische und nivellitische Aufnahmen nach der Methode der Schnellmeßkunst, wenn auch nicht mit ganz derselben Geschwindigkeit und Genauigkeit, wie bei Anwendung des Clepsciclo und meiner neuen Methoden. Nivellirinstrumente mit Fernrohr, welche obigen Bedingungen entsprechen, können leicht und mit Vortheil zu Distanzmessern abgeändert werden, und eignen sich dazu um so besser, je schärfer ihre Gläser sind.

Giornale dell' Ingeg. Arch. Agr., August 1864.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem elften Bande des

Civilingenieur.

№ 3.

Literatur.

Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. Mit den nöthigen Hilfslehren aus der Analysis für den Unterricht an technischen Lehranstalten, sowie zum Gebrauche für Techniker bearbeitet von Dr. phil. Julius Weisbach, königl. sächs. Bergrath und Prof. an der königl. sächs. Bergakadamie zu Freiberg; Ritter des königl. sächs. Verdienstordens und des kais. russ. St. Annenordens II. Classe, corresp. Mitglied der kais. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg; Ehrenmitglied des Vereins deutscher Ingenieure, sowie corresp. Mitglied des Vereins für Eisenbahnkunde u. s. w. Zweiter Theil: Statik der Bergwerke und Mechanik der Umtriebsmaschinen. Mit gegen 900 in den Text eingedruckten Holzstichen. Vierte verbesserte und vervollständigte Auflage. Erste und zweite Lieferung. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn. 1865.

Vorliegendes Doppelheft beginnt die schon seit längerer Zeit nöthig gewordene neue, vierte, Auflage des zweiten Theiles der „Ingenieur- und Maschinen-Mechanik" und enthält den größeren Theil der statischen Baukunst. Bei einem so allgemein geschätzten und weit verbreiteten Werke, wie das vorliegende, glauben wir unserer Pflicht genügt zu haben, wenn wir hier nur berichten, daß diese neue Auflage außer der Berichtigung mancher Druck- und Rechenfehler, namentlich einige Zusätze und Verbesserungen bei der Theorie der Gewölbe und sehr wesentliche Erweiterungen und Ergänzungen bei der Theorie der Holz- und Eisenconstructionen bringt, daß die Ausstattung ebenso wie beim ersten Theile der 4. Auflage gehalten ist und durch Hervorhebung der Paragraphen und Inhaltsangaben das Nachschlagen wesentlich erleichtert, und endlich daß die Figuren durchaus neu gestochen und noch geschmackvoller und deutlicher ausgeführt sind, als in den früheren Auflagen. Gewiß wird es allseitige Anerkennung finden, wie sehr sowohl der Verfasser, als der Verleger bemüht gewesen sind, dieses Werk auf der Höhe der Zeit zu erhalten und alle gerechtfertigten Ansprüche an dasselbe zu befriedigen.

Allgemeine Bau-Constructions-Lehre mit besonderer Beziehung auf das Hochbauwesen. Ein Leitfaden zu Vorlesungen und zum Selbstunterrichte von G. A. Breymann, † Baurath und Professor an der königl. polytechnischen Schule zu Stuttgart. III. Theil Constructionen in Metall. (Eisenconstructionen.) Dritte verbesserte und stark vermehrte Auflage. Herausgegeben von H. Lang, Professor an der großherzoglich polytechnischen Schule in Carlsruhe. Mit in den Text gedruckten Holzschnitten und 108 Figurentafeln (unter welchen 28 Doppeltafeln). Stuttgart. Verlag von Gustav Weise. 1865.

Auch dieses Werk, welches auf 80 Tafeln in groß Quart und 28 Doppeltafeln eine außerordentlich reiche Beispielsammlung von den im Hochbauwesen vorkommenden Eisenconstructionen, als feuersicheren Decken, eisernen Dächern und Treppen, eisernen Thüren, Fenstern und Läden, Balcons, Gesimsen, Geländern u. s. w. bringt, hat seine große Brauchbarkeit bereits durch wiederholte Auflagen dargethan und es dürfte kaum nöthig sein, über die Tendenz desselben ausführlicher zu sprechen. Dieselbe ist eine vorwiegend praktische, weshalb denn auch nur wirklich ausgeführte Constructionen aufgenommen worden und weitläufige theoretische Erörterungen vermieden sind. Die dritte Auflage hat einen dankenswerthen Zusatz in einer systematischen Darstellung der am häufigsten vorkommenden Eisenverbindungen und sonst vielerlei Vermehrungen bei den Beispielen von feuerfesten Decken und eisernen Dachgerüsten, sowie einen Abschnitt über bewährte neue Ladenverschlüsse erhalten. Erfreulich ist es, daß den Rechnungen das Metersystem zu Grunde gelegt ist, und daß über die gebräuchlichen Eisensorten Querschnitte in großem Maßstabe und Gewichtstafeln beigegeben sind. Architekten und Ingenieure werden sich mit diesem empfehlenswerthen Werke in den Besitz einer reichen Fundgrube trefflicher Beispiele und schätzbarer Erfahrungen setzen.

Théorie mécanique de la Chaleur. Première partie. Exposition analytique et expérimentale par G. A. Hirn, Membre honoraire de la Société des Sciences naturelles de Zurich, de la Société batave de philosophie expérimentale de Rotterdam, de la Société industrielle de Mulhouse, de la Société jurassienne d'émulation de Montbéliard. Seconde edition entièrement refondue. Paris, chez Gauthier-Villars, successeur de Mallet-Bachelier, 55, Quai des Augustins. 1865. (Leipzig, Alph. Dürr.)

Unter den Autoren und Experimentatoren im Gebiete der Wärmetheorie nimmt bekanntlich Hirn einen hervorragenden Platz ein und wir dürfen daher nicht versäumen,

unsere Leser auf die vorliegende Erscheinung aufmerksam zu machen, welche nicht blos eine neue verbesserte Auflage, sondern ein neues Buch genannt werden kann. Was die Darstellung anlangt, so hat der Herr Verf. vielfach die Zeunerschen Schriften benutzt und darnach gestrebt, ein für höhere Lehranstalten geeignetes Lehrbuch zu geben. Für die Constructeurs von thermischen Motoren bietet es nicht eigentlich geschlossene Theorieen der calorischen Maschinen, sondern nur eine Art von allgemeiner Kritik, welche äußerst lehrreich ist und beweist, daß man sich ohne Kenntniß der neueren Wärmetheorie nicht mit Erfolg mit der Construction solcher Motoren beschäftigen kann. Besonders wird dieses Buch aber die Physiker interessiren, indem die analytischen Resultate durchgängig mit den Ergebnissen zweckmäßiger Experimente verglichen und auch die Phänomene der inneren Arbeit der Wärme, welche der Physik und Mechanik ein ganz neues Feld eröffnen, mit möglichster Vollständigkeit behandelt werden. Wir brauchen zur Empfehlung des Werkes eines so berühmten Autors Mehreres nicht hinzuzufügen, freuen uns aber zugleich mit erwähnen zu können, daß auch von „Zeuner's Wärmetheorie" sich bereits eine neue Auflage in Vorbereitung befindet.

Der Telegraphenbau. Ein Handbuch zum praktischen Gebrauch für Telegraphentechniker und Beamte bearbeitet von L. F. W. Rother, Ingenieur-Premier-Lieutenant a. D., technischem Assistenten der königl. Telegraphen-Bautechnik an der Telegraphen-Schule zu Berlin. Mit 417 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Berlin 1865. Verlag von W. J. Peiser, Friedrichs-Straße 42.

Ueber die Herstellung der telegraphischen Verbindungen und Leitungen sucht man bis jetzt in der schon ziemlich umfänglichen Literatur über das Telegraphenwesen vergeblich nach ausreichender Belehrung und somit füllt das vorliegende Buch eine wesentliche Lücke dieser Literatur aus. Die hier gebotene Belehrung über Telegraphenleitungen, Einrichtung der Stationen und ihrer Apparate, die Anweisung zur Ausführung, Unterhaltung und Reparatur von solchen Leitungen, zur Auffindung der Ursachen vorgekommener Störungen und dergleichen wird nicht nur für den Anfänger, sondern auch noch für praktische Beamte von vielem Werthe sein, zumal da die Darstellung klar und einfach gehalten ist und durch viele, in großem Maaßstabe und sauber ausgeführte Holzschnitte unterstützt wird. Als willkommene Beilage mögen endlich noch die Angaben über Stärke und Festigkeit der Drähte, Preise der Materialien, Apparate und Werkzeuge, Prüfung der Telegraphenkabel u. s. w. angeführt werden.

Die Balkenbrücken von Schmiedeeisen. Von Hugo Lentz, Wasserbau-Inspector in Cuxhaven. Mit 5 Tafeln Abbildungen in Querfolio und 146 lithographischen Zeichnungen im Text. Berlin 1865. Ferdinand Schneider. (Mathäikirchstraße 24.)

Soviele Schriften und Abhandlungen auch in den letzten Jahren über die schmiedeeisernen Balkenbrücken erschienen, und soviele Erfahrungen beim Bau derartiger Brücken gesammelt worden sind, immer besteht leider noch eine große Unsicherheit darüber, welches System als das zweckmäßigste und sicherste zu betrachten, und bei welcher Construction jeder einzelne Theil am richtigsten und gleichförmigsten in Anspruch genommen sei, immer ist noch keine Formel aufgefunden worden, welche selbst nur für Brücken desselben Systemes Gewichte und Kosten mit einiger Zuverlässigkeit vorherbestimmen ließe, immer ist noch der Entwurf einer Balkenbrücke ein ziemlich mühsames und zeitraubendes Geschäft. Daher tauchen auch immer wieder neue Versuche auf, diesen Gegenstand zugänglicher zu machen und dem Abschlusse näher zu bringen, und von dem vorliegenden Buche, dessen theoretische Untersuchungen sich hauptsächlich auf die Arbeiten von Schwedler und Culman stützen, ist zu rühmen, daß es seine Aufgabe mit Ernst und Umsicht erfaßt und durchführt. Es zerfällt in 3 Abschnitte, wovon der erste die Theorie der Brückenbalken auf zwei Stützpunkten (mit Berücksichtigung der schiefen Belastungen), der zweite die Construction solcher Brücken und die dabei in Betracht kommenden Fragen behandelt, und der dritte die aufgestellten Regeln an bestehenden Balkenbrücken (Modellträger von Brunel und von Stephenson, Conway-, Weichsel-, Leda-, Crumlin-, Boyne-, Garonne-, Isarbrücke u. s. w.) erläutert und prüft. Ein Anhang, welcher Entwürfe über Brücken von 1000 und 2000 Fuß Spannweite enthält, soll das Wachsen des Eigengewichtes mit zunehmender Spannweite darthun. Die lithographirten Tafeln geben genaue Zeichnungen von mehreren der im 3. Abschnitte als Beispiele vorgeführten Brücken. Druck und Ausstattung des ca. 20 Bogen starken Werkchens sind sehr zu rühmen.

Die Anstalten zur Beförderung der Gewerbetreibenden und des Gewerbebetriebes in Deutschland. Von Ed. Jac. Nöggerath, Director der königl. Provinzial-Gewerbeschule in Brieg a/O. Leipzig. Verlag von Arthur Felix 1865.

Diese interessante Broschüre enthält die Ergebnisse einer von dem Herrn Verf. speciell zu dem Zwecke der Kenntnißnahme der auf Hebung des kleineren Gewerbebetriebes hinzielenden Anstalten unseres deutschen Vaterlandes unternommenen Reise, zu welcher Derselbe im Interesse eines in Brieg a/O zu errichtenden „Gewerbehauses" veranlaßt worden war. Wir finden in derselben die Beschreibung der königl. württembergischen Centralstelle für Gewerbe und Handel in Stuttgart, und des königl. bayerischen Gewerbecommissionates zu Nürnberg Auskunft über die von Gemeinden und Corporationen mit oder ohne Beihilfe des Staates unterhaltenen Handwerker- Fortbildungs- und Sonntagsschulen in Preußen, Baden, Württemberg, Bayern und Sachsen, sowie über die von Vereinen unterhaltenen Unterrichtsanstalten in Berlin, Hannover, Hamburg und Frankfurt a./M., endlich Notizen über die Musterlager und Sammlungen der Gewerbe-Institute oder Vereine zu Berlin, Hannover, Cöln a./R. und Görlitz, sowie über die permanenten Industrieausstellungen in Chemnitz und Frankfurt a./M. Soviel Anerkennenswerthes von diesen zahlreichen Anstalten geleistet wird, so müssen wir doch mit dem Herrn Verfasser den Mangel an Zusammenhang in der Organisation bedauern, hoffen aber, daß diese Schrift mit dazu beitragen werde, denselben zu beseitigen, was von den ersprießlichsten Folgen sein würde.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. Bd. VIII. 1864. Heft 5 bis 8.

Betrieb der Puddel- und Schweißöfen durch Gebläseluft. — Auf der Herminenhütte bei Laband in Oberschlesien wird in solchen Oefen Kleinkohle in der Art gefeuert, daß man in die mit Doppelthüren geschlossene Aschenrösche einen Ventilator blasen läßt, welcher viel Luft mit geringer Pressung liefert.

Riementrieb bei Walzenstrecken. — Bei den Fein- und Polirwalzen der vorstehend genannten Hütte wendet man Riementrieb an, indem der Riemen unmittelbar auf das Schwungrad der Dampfmaschine aufgelegt ist. Es ist dies die zweite Anwendung des Riementriebes für Feineisenwalzwerke in Oberschlesien.

Kaiser, über die direct wirkende Dampfkunst auf dem Hermenegildeschachte bei Witkowitz. — Diese Maschine zeichnet sich durch Schiebersteuerung aus, während sonst Ventilsteuerung mit Kataraktenangewendet zu werden pflegt. Eine Beschreibung läßt sich nicht wohl ohne Zeichnung geben, indessen mag bemerkt werden, daß diese Steuerung sehr derjenigen einer Wassersäulenmaschine ähnelt.

Kayser, die Patentfrage in Bezug auf Rechts- und Nützlichkeitsgründe erörtert.

Ziehfeder mit Stellvorrichtung zu Licht- und Schattenlinien. — Bei dieser einfachen Ziehfeder ist zwischen die Zinken der Feder ein keilförmiges Ringstück eingelegt, welches sich um die Stellschraube dreht und bequem mit dem Finger nach links oder rechts geschoben werden kann, wobei bald das dünne, bald das stärkere Ende des Sectors zwischen die Zinken geräth und ihnen den richtigen Abstand für Licht- oder Schattenlinien ertheilt.

Hammer, über einen einfachen Dampftrockner. — Neben dem Dampfdome befindet sich ein ziemlich ebensogroßer durchaus geschlossener Cylinder, welcher durch ein weites, durch den Deckel hinab bis nahe an den Boden reichendes Rohr den vom Kessel kommenden Dampf zugeführt erhält, und auf dessen Deckel das Austrittsrohr aufgeschraubt ist, während sich am Boden ein enges bis in den Wasserraum des Dampfkessels hinabreichendes Röhrchen befindet, welches das beim Durchgange der Dämpfe durch diesen Trockenapparad abgesetzte Wasser ableitet.

Beuther, Chlorbarium als Mittel gegen den Kesselstein. — Das von Dr. Hasenclever in Aachen empfohlene Chlorbarium hat bei dem viel doppeltkohlensauren Kalk, etwas Gyps und kohlensaures Eisenoxydul, sowie etwas suspendirte Thonerde führenden Speisewasser der Aachen-Düsseldorf-Ruhrorter Eisenbahn gute Dienste gethan. Man verwendete es theils zur Fällung der Salze aus dem Wasser in den Speisewasserbassins, indem man des Abends zu 100 Cubikfuß Wasser 3 Pfd. Chlorbarium zusetzte und dann des Morgens das über dem weißen Niederschlage stehende klare Wasser abzog, theils so, daß man dem Tenderwasser $3^1/_2$ Pfd. Chlorbarium auf 100 Cbkf. zusetzte und dieses trübe milchige Wasser zum Speisen benutzte. In beiden Fällen fand man nach längerem Betriebe in den Locomotivkesseln keinen festen Kesselstein mehr vor, auch zeigte sich bei der ersten Methode nur noch selten ein Auswerfen von schmutzigem Wasser durch den Schornstein. Durch besondere Versuche wurde ferner festgestellt, daß das Chlorbarium und das damit präparirte Wasser die Metalle nicht angreift. Das Chlorbarium kostet $2^2/_3$ Thlr. pro. 100 Pfd. loco Aachen und es sind auf 100 Cbkf. Wasser nur $2^1/_2$ Pfd. davon nöthig. Das von A. Weyel in Berlin vertriebene Kesselsteinpulver (aus 41 Proc. Eisenchlorür, 28 Proc. Salmiak, 4 Proc. Chlorbarium und 27 Proc. löslichen Stoffen bestehend) wird ebenso theuer, da es weniger wirksam ist.

Grashof, über Zeuner's Locomotivenblasrohr. — Ausführliches Referat über die wichtigen Untersuchungen unseres geehrten Herrn Mitarbeiters über die Zugerzeugung durch Dampfstrahlen, mit einigen ergänzenden Zusätzen.

Kayser, theoretische Untersuchungen über Brückenträger nach dem Pauli'schen Systeme. — Ausführliche elementare Theorie dieses ebenso hochgepriesenen als heftig angegriffenen Brückensystems nebst Anwendung der gefundenen Formeln auf die Rheinbrücke bei Mainz und nähere Beschreibung dieses schönen Bauwerkes.

Neumann, Mühle in Mögeldorf bei Nürnberg. — Vollständige, durch viele Tafeln unterstützte Beschreibung einer größeren auf Griesmüllerei eingerichteten Mahlmühle mit 12 Mahlgängen und 60 Pferden Wasserkraft. Das Gebäude besteht aus 4 Stockwerken incl. Parterre und aus 2 Dachböden, ist 80' bayrisch lang, und 54' breit und dient ausschließlich zur Unterbringung des Mühlwerkes. Was die Mahlmethode anlangt, so besteht dieselbe darin, daß das gereinigte Getreide, meistens Weizen, erst bei weiter gestellten Steinen geschroten und dann durch Elevatoren nach einem im 4. Stock stehenden, mit Seidengaze Nr. 4. überzogenen Sortircylinder gehoben wird, welcher Mehl und feinen Gries (Grieslein) von dem Schrot Nr. 1 und grobem Griese trennt. Mehl und Grieslein werden durch den im 3. Stock stehenden, mit Seidengaze Nr. 9, 10 und 5 versehenen Mehlcylinder, in Mehl, Grieslein und Auswurf getrennt, während ein Abrätter die Abscheidung des Schrotes Nr 1 vom Griese besorgt. Dieses Schrot geht nun wieder über die Mahlgänge und giebt die bereits angegebenen Sorten, der Gries aber gelangt in ein Reservoir und wird bei genügendem Vorrath über den Griessortircylinder geführt, um anhängendes Mehl abzuscheiden, dann aber in Hochstäuben durch den Luftstrom eines Ventilators nach seiner Stärke sortirt. Nach nochmaliger Sortirung und Reinigung dieser Griessorten auf Tafelstäuben gelangt der Gries auf die Gries- oder Weißgänge, welche das feinste Mehl liefern, Mehlsorten welche durch die Seidengaze Nr. 11 bis 13 abgebeutelt werden. Die ganze Anlage ist aus der Fabrik von Klett & Comp. in Nürnberg hervorgegangen.

Becker, über Schmiedefeuer. — In der Maschinenfabrik von M. Webers in Berlin ist eine sehr zweckmäßige Construction der Schmiedefeuer eingeführt, bei welcher der Wind von unten in der Mitte einströmt und sich beliebig

regulirен läßt, die Schmiedestücke also der größten Hitze ausgesetzt werden können. Die Form ist ein glockenförmiger hohler gußeiserner Körper von 13. Cent. Durchmesser und 14 Cent. Höhe mit einer 4 Cent. weiten quadratischen Oeffnung im Dome und einem beweglichen Schieber als Boden; an der Seite befindet sich das 4,5 Cent. weite Windrohr und unter der oberen Oeffnung eine wirtelförmige Klappe zur Regulirung der Größe der Windaustrittsöffnung. Letztere Oeffnung liegt mit ihrer Mitte etwa 8 Cent. unter der Herdsohle und 30 Cent. von der Brandmauer, 52 Cent. von der Stirnfläche des Heerdes ab. Während des Blasens läuft flüssige Schlacke und Lösche durch die Oeffnung in den hohlen Raum der Form und kann dann beim Oeffnen des Schiebers, was etwa alle 2 Stunden geschehen muß, leicht entfernt werden. Das Feuer hält sich stets sehr rein.

Zur Patentfrage. — Denkschrift des technischen Vereins für Eisenhüttenwesen, eines Zweigvereins des Vereines deutscher Ingenieure.

Weiß, das Verhältniß der Ersparung zur Rauchverhütung. — Durch theoretische Untersuchungen, welche hier nicht mitgetheilt werden können, gelangt der Herr Verfasser zu der Schlußfolgerung, daß es auch bei ziemlich vollkommener und die Salubrität wenigstens nicht mehr beeinträchtigender Rauchverbrennung möglich sei, eine ebenso vortheilhafte Feuerung zu erzielen, als bei sorgfältiger Bedienung und starker Rauchentwickelung unter zu geringem Luftzutritte, welche letztere Modalität von dem Mühlhausener Experimentatoren als die vortheilhafteste bezeichnet worden war. (Vergl. Civilingenieur, Band 6 und 10.)

Lüders, Herstellung geometrisch richtiger Körperformen. — Nachdem Whitworth gelehrt hat, wie ebene Flächen genau herzustellen sind, nämlich durch abwechselndes Vergleichen von drei Platten, so ist namentlich eine genaue Herstellungsmethode für rechte Winkel und parallele Flächen aufzusuchen. Den rechten Winkel wird man so herstellen können, daß man die eine Seite von zwei oder besser von drei Winkeln genau nach der Richtplatte bearbeitet und diese Winkel dann mit dieser Seite auf die Platte aufstellt, ihre zweite Seite aber so lange bearbeitet, bis sie sich mit derselben genau berühren. Parallele Flächen kann man erhalten, wenn man an zwei der verlangten Körper zunächst eine Fläche nach der Richtplatte eben herstellt, die Körper mit dieser Fläche auf die Platte legt und nun die zweite Parallelfläche solange bearbeitet, bis eine zweite Richtplatte in zwei beliebigen Stellungen der Körper genau auf beiden aufliegt. Ist eine Kante parallel zu einer Fläche herzustellen, so kann man in einer Platte eine Lehrnuthe ausarbeiten, in welche das Prisma mit seinen Seitenflächen so hineinpaßt, daß die obere Prismafläche mit der Plattenoberfläche in einer Ebene liegt, und die Prismafläche so lange bearbeiten, bis eine darauf gelegte Richtplatte auf ihr und der Oberfläche der Platte vollkommen aufliegt.

Bloch, Pumpenconstruction für Dampfschiffe. — Für Dampfschiffe ist nicht nur der compendiöseste Bau der Pumpen, sondern auch eine solche Einrichtung derselben erwünscht, bei welcher mit derselben Pumpe ohne Schwierigkeit abwechselnd aus der See und in die See gepumpt werden kann. Die hier mitgetheilten Constructionen ermöglichen dies dadurch, daß durch Umstellung eines oder zweier gekuppelter Hähne das Saugrohr zum Druckrohr und das Druckrohr zum Saugrohr gemacht wird. Die einfachste Einrichtung dieser Art ist die folgende. Zwischen den beiden auf einem in drei nebeneinander liegende Kammern getheilten Fußstücke stehenden Pumpencylindern, deren massive Kolben durch einen oscillirenden Balancier abwechselnd auf und nieder bewegt werden, steht ein geschlossener Kasten, welcher unten zwei offene nach dem Untertheil der Cylinder führende Canäle und zwei durch Klappen bedeckte nach der mittelsten Kammer des Fußstückes gehende Oeffnungen, oben aber zwei ebenfalls mit Klappen bedeckte nach dem Windkessel führende Ausgänge besitzt. Der Windkessel communicirt mit der mittelsten Kammer des Fußstückes durch ein Rohr mit einem Vierweghahne und an dem Gehäuse des Letzteren sind das Saug- und Druckrohr befestigt. Sei zunächst rechts das Saugrohr, so wird der Vierweghahn so gestellt, daß er einerseits die Verbindung des Saugrohres mit der Mittelkammer des Fußstückes und andrerseits die Verbindung des Windkessels mit dem Druckrohre öffnet, und es wird nun beim Aufgange des rechten Kolbens Wasser nach diesem Cylinder gesogen, und da gleichzeitig der linke Pumpenkolben niedergeht, das in diesem Cylinder enthaltene Wasser nach dem Windkessel und Druckrohre verdrängt werden. Dreht man nun aber den Hahn um 90°, so daß er die Verbindung zwischen dem Windkessel und dem rechtsliegenden, zur Zeit als Saugrohr benutzten Rohre und auf der linken Seite die Verbindung zwischen dem linksliegenden Rohre und der Mittelkammer hergestellt, so wird beim Niedergange des rechten Kolbens Wasser durch ersteres Rohr herausgedrückt, dieses also aus einem Saugrohr zu einem Druckrohr werden. Weitere Specialitäten lassen sich ohne Zeichnung nicht deutlich machen.

Haton de la Goupillière, Theorie der vielfachen Krummzapfen. Aus der 4. Lieferung der Annales des Mines auf 1863 im Auszuge mitgetheilt.

(Schluß folgt.)

Correspondenz.

Im ersten Hefte dieser Zeitschrift wurde von Herrn Volkmar ein selbstwirkender Schmierapparat veröffentlicht, den derselbe als den seinigen bezeichnet. Dieser Apparat wurde aber nach meiner Idee und Skizze von Herrn Volkmar ausgeführt und von demselben nur in soweit abgeändert, als der obere Ventilschluß durch einen Kolbenschluß ersetzt wurde. Das Bedürfniß eines zuverlässig functionirenden Schmierapparates für Schieber und Kolben, besonders für Locomotiven, wo diese Theile sehr oft trocken laufen, ist so dringend und allgemein und das Princip der Abhilfe so einfach, daß wenn man die Nothwendigkeit einmal erfaßt hat, man wohl kaum auf eine andere Idee verfallen kann. Ohne Zweifel haben deshalb auch schon Andere diese Idee gehabt und ich könnte mit Stillschweigen über die Indiscretion des Herrn Volkmar hinweggehen, um so mehr als sich der veröffentlichte Apparat in keiner Weise als brauchbar erwiesen hat, wenn ich nicht auf Grundlage des hierbei angewendeten Princips einen andern Apparat construirt hätte, der dem beabsichtigten Zweck, sowohl was die Oekonomie als die Zuverlässigkeit anbelangt, vollkommen Genüge leistet, und sich seit 4 Monaten in der Praxis als vorzüglich bewährt hat.

Lediglich darum also, um mir die Priorität dieser Erfindung zu wahren und um einer Wiederholung derartiger Indiscretion eines meiner Untergebenen vorzubeugen, finde ich mich zu vorstehendem Proteste veranlaßt.

Zürich, im März 1865.

Krauß.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem elften Bande des

Civilingenieur.

№ 4.

Literatur.

Oesterreichische Eisenbahnen; entworfen und ausgeführt in den Jahren 1857 bis 1867 unter der Leitung von Carl von Etzel, Ritter des Ordens der württembergischen Krone und vom Zähringer Löwen, Commandeur des königlich württembergischen Friedrichsordens, Ritter des kaiserlich österreichischen Ordens der eisernen Krone. Atlas. Band VI. Wien 1864, und Atlas. Band I. Wien 1865. Verlag der Beck'schen Universitäts-Buchhandlung (Alfred Hölder).

Obwohl wir von dem vorgenannten Werke, welches in sechs Bänden mit ca. 300 großen und vorzüglich ausgeführten lithographirten Tafeln die Normalplane und die wichtigeren Bauten der so überaus interessanten kais. königl. privilegirten Südbahn bringen wird, nur die Atlanten zu dem zuerst erschienenen sechsten und zu dem neuerdings herausgekommenen ersten Bande gesehen haben, können wir doch nicht umhin, auf diese großartige Publication aufmerksam zu machen Giebt der sechste Band, welcher die wichtigeren Bauten der Linie: Insbruck-Botzen (Uebergang über den Brenner) auf 51 Tafeln darstellt, eine Probe für die Vollständigkeit und das Detail, mit welchem die übrigen Abschnitte der Südbahn, nämlich die Linie Wien-Triest mit Zweigbahn und die Linien der Kaiser Franz Joseph-Orientbahn, der kroatischen und der Kärnthner Bahn behandelt werden sollen, so zeigt der erste Band, welcher die Normalplane für den Unterbau auf 35 zum Theil in Farbendruck ausgeführten großen Tafeln vorführt, was von dem zweiten und dritten Bande, nämlich den Normalplanen für den Oberbau und die mechanischen Vorrichtungen, sowie von den Normalplanen für den Hochbau zu erwarten ist. Wir finden in dem Atlas zum sechsten Bande Querprofile des Bahnkörpers in zum Theil ganz colossalen Einschnitten und Aufdämmungen, große Steindämme, Futtermauern an hohen und steilen Lehnen, Dämme mit Stützmauerfuß u. s. w., Viaducte, Tunnelprofile und -Portale, Anlagen zum Schutz der Bahn gegen Lawinengänge und Abstürze größerer Eis- und Felsmassen, Durchlässe und Aquäducte mit starkem Gefälle, gewölbte Brücken bis zu 100 Fuß Lichtweite sammt Rüstungen, Gitterbrücken für 180 Fuß Lichtweite sammt Rüstungen zur Aufstellung, Straßen- und Wegbrücken mit Blechträgern u. s. w., kurz reiches Material zum Studium und zur Nachahmung für ähnliche Gebirgsbahnen. Dem Texte, der uns leider nicht zugänglich ist, und von welchem wir nur wissen, daß er über die besondern Verhältnisse, über die Dauer der Ausführung und über die Kosten der verschiedenen Linien und Bauten handelt, sind zwei ellenlange Situations- und Profilrisse im Maaßstabe von 1 : 28800 beigegeben, welche mittelst geschickter Aneinanderfügung der einzelnen Tafeln so eingerichtet sind, daß man die großen Richtungsveränderungen der Bahn mit einem Blicke übersieht. Von noch allgemeinerem Interesse dürfte der erste Band sein, da er sich vorzüglich zu Vorlagen für Lehranstalten eignet. Er giebt, wie bereits erwähnt, Normalplane für den Unterbau, nämlich Vorlagen für die Darstellung der ermittelten Trace im Uebersichts- und Special-Situationsplan und Längenprofil, Normalien für das Planum der Wärter- und Bahnstationen, für Querprofile, für Einschnitte, Aufträge, Straßen und Wege u. s. w., für Tunnel, gedeckte und gewölbte Brücken und Durchlässe von 2 bis 34' Spannweite, für eiserne Ueberbrückungen und Durchlässe bei gleicher Oeffnung, für die Construction eiserner Fahrbahnen von 48 bis 56, 64 bis 72, 80 bis 96 Fuß Oeffnung, für hölzerne und eiserne Straßen- und Wegbrücken, für Einfriedigungen, Gradienten- und Meilenzeiger u. s. w., für Zug-, Schiebe- und Drehbarrieren u. s. w., und wir sprechen gewiß nur ein sehr verdientes Lob aus, wenn wir diesen Atlas mit seinen 35 schön gezeichneten Tafeln als des näheren Studiums besonders würdig und zu Vorlagen vortrefflich geeignet bezeichnen. Der uns ebenfalls nicht zugängliche Text handelt von der Organisation des Baudienstes an der kais. kön. privilegirten Kaiser Franz Joseph-Orientbahn und bringt als Anhang eine Karte des Netzes der k. k. priv. Südbahnen, ist also jedenfalls in gleich hohem Grade der Beachtung der Eisenbahntechniker und Verwaltungen zu empfehlen. Die Vollendung des ganzen vortrefflichen Werkes wird in Jahresfrist in Aussicht gestellt und dürfte auch durch den vor Kurzem erfolgten allzufrühen Tod des Verfassers nicht verzögert werden.

Ueber Straßenbahnen u. Eisenbahnen in Städten. Bericht an den Tit. Stadtrath Zürich von A. Bürkli, städtischer Ingenieur in Zürich. Zürich, Druck und Verlag von Fr. Schultheß. 1865.

Jeder, der dem Gegenstande dieser Broschur einiges Interesse zugewendet hat, wird gefunden haben, daß die Straßenbahnen und Eisenbahnen in Städten ebensoviel eifrige Freunde, als heftige Tadler besitzen. Auch die Beobachtungen, welche der Herr Verf. über die Art und Weise, wie sich derartige Bahnen an verschiedenen Orten bewährt haben, angestellt hat, sind nicht ganz ohne Widersprüche, aber jedenfalls mit großer Unpartheilichkeit und Sachkenntniß gesammelt, so daß sie wesentlich zur Aufklärung der öffentlichen Meinung beitragen werden. Was der Herr Verfasser am Schluß seines Schriftchens über die Verwendung von Städtebahnen für die Stadt Zürich sagt, ist nicht von blos localem Interesse, son-

dern mag als ein lehrreiches Beispiel betrachtet werden, welche Erwägungen vor Fassung bezüglicher Projecte anzustellen sind.

Die Selbstverwaltung der Patentrechte u. Dampfkesselrevisionen durch die Industriellen. Mit Rücksicht auf die Verhandlungen des Vereins deutscher Ingenieure von W. Born, Ingenieur in Magdeburg. Berlin, 1865. Verlag von Rudolph Gärtner, Amelang'sche Sortiments-Buchhandlung, Leipziger Straße Nr. 133.

Ein lesenswerthes Schriftchen über zwei in letzter Zeit besonders im Verein deutscher Ingenieure vielfach behandelte Fragen von großer Bedeutung für das Ingenieurwesen und die Technik. Der Herr Verf. ist der Ansicht, daß an Stelle der sicherheitspolizeilichen Dampfkesselrevisionen zweckmäßiger die gesetzliche Vorschrift der Schadloshaltung eingeführt werden würde, und daß das Patentwesen günstigere Erfolge erzielen und weniger Anfechtungen erfahren würde, wenn es einem aus Technikern gebildeten Gewerberathe untergeordnet, und wenn an Stelle der jetzigen hohen Patentgebühr eine nach dem Patentgewinne zu bemessende Steuer eingeführt würde.

Illustrirtes Bau-Lexikon. Praktisches Hilfs- und Nachschlagebuch im Gebiete des Hoch- und Flachbaues, Land- und Wasserbaues, Mühlen- und Bergbaues, der Schiffs- und Kriegsbaukunst, sowie der Mythologie, Ikonographie, Symbolik, Heraldik, Botanik und Mineralogie, soweit solche mit dem Bauwesen in Verbindung kommen. Für Architekten und Ingenieure, Baugewerken und Bauherren, Baubeflissene und Gewerbschüler, sowie für Archäologen, Kunstliebhaber und Sammler. Herausgegeben von Oskar Mothes, Architekt, Verfasser der Geschichte der Baukunst und Bildhauerei Venedigs, Inhaber der k. k. österr. gold. Medaille für Kunst und Wissenschaft, corresp. Ehrenmitglied der sociedad scientifica in Murcia u. s. w. Heft 15 und 16. Leipzig. Im Verlag von Otto Spamer 1865.

Heft 15 des in d. Bl. schon mehrfach besprochenen Illustrirten Baulexikons beginnt den Buchstaben F, welcher auch das 16. Heft bis auf wenige Seiten füllt, und eröffnet zugleich den zweiten Band, mit welchem das Werk schließen soll. Hauptartikel in diesen beiden Heften sind die Artikel: Fenster s. Zubehör, Festungsbau, Fläche, Formen, Frührenaissance, Fußböden, Futtermauern. Bei der Auswahl der aufgenommenen Artikel und Abbildungen scheinen die durch das Programm gezogenen Grenzen besser inne gehalten zu sein, als im ersten Bande.

Skizzenbuch für den Ingenieur und Maschinenbauer. Eine Sammlung ausgeführter Maschinen, Fabrikanlagen, Feuerungen, eiserner Bauconstructionen, sowie anderer Gegenstände aus dem gesammten Gebiete des Ingenieurwesens. Bearbeitet und herausgegeben von F. K. H. Wiebe, Professor und ordentlichem Lehrer der Maschinenkunde am Kön. Gewerbe-Institut und an der Königl. Bau-Akademie in Berlin, Ingenieur und Maschinenbauer. Heft XXXI. bis XXXVI. Jahrgang 1864. Heft 1 bis 5. Berlin. Verlag von Ernst u. Korn (Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung).

Dieser Jahrgang des allgemein beliebten Wiebe'schen Skizzenbuchs bringt in Heft 1 Zeichnungen der von F. A. Egells in Berlin gelieferten hydraulischen Pressen für die russische Dampfölmühlen-Gesellschaft in St. Petersburg, und eines Blechkrahns von 400 Ctr. Tragfähigkeit aus der Fabrik von C. Waltjen in Bremen, sowie eines ebensolchen Krahnes von 1000 Ctr. Tragfähigkeit.

Heft 2 und 3 enthalten 12 Blatt Zeichnungen von einem 35 Pferde starken Dampfbagger für Geestemünde aus der Fabrik von C. Waltjen in Bremen, nebst einem Auszuge aus dem Vertrage über die Lieferung dieses Baggers.

Heft 4 giebt Zeichnungen zweier Locomobilen aus der A. Borsig'schen Fabrik in Berlin, wovon die eine mit einem Vorwärmer, die andere (für bauliche Zwecke bestimmte) mit einem Rauchverbrennungsapparate versehen ist; ferner die Abbildung eines sehr zweckmäßigen Röhrenformapparates aus der mehrgenannten Waltjen'schen Fabrik, einer Packmaschine für Moos und Heu aus derselben Anstalt und diverser Vorrichtungen zur Ableitung des Condensationswassers aus Dampfcylindern und Dampfleitungen, welche aus der Fabrik von Schäffer u. Budenberg in Magdeburg-Buckau herrühren.

Heft 5 enthält Zeichnungen der Askanischen Bäder in Berlin, und einer aus der Wilhelmshütte bei Sprottau in Schlesien hervorgegangenen, 25pferdigen Corliß-Dampfmaschine sammt Details über dieses interessante System.

Heft 6 endlich bringt ausführliche Zeichnungen einer von Prof. R. Werner in Berlin entworfenen und von Mitscher u. Perels ebendaselbst gebauten Locomobile mit verstellbarer Expansion, sowie Abbildungen mehrerer nützlichen Apparate aus der Fabrik von Schäffer u. Budenberg in Buckau-Magdeburg, z. B. eines Druckregulators für Koch- und Heizapparate, welcher die Spannung der directen Dämpfe selbstthätig auf die beabsichtigte Höhe im Kochapparate reducirt, verschiedener Wasserstandsgläser u. dergl.

Monatsblätter zur Förderung des Zeichenunterrichts an Schulen. Herausgegeben von Hugo Troschel, Kupferstecher und Zeichenlehrer an der Dorotheenstädtischen Realschule in Berlin, Dessauerstraße 17. Erster Jahrgang, Nr. 1. Berlin, Nicolai'sche Verlagsbuchhandlung (G. Parthey). Brüderstraße 13.

Von dieser Zeitschrift, welche sehr viel Lehrreiches und Interessantes zu bieten verspricht, sollen monatlich $1\frac{1}{2}$ bis 2 Bogen erscheinen und wir wünschen ihr recht viel Abonnenten und einen ungestörten Fortgang. Die Wichtigkeit eines guten Zeichenunterrichtes weiß jeder Techniker zu sehr zu schätzen, um die Nützlichkeit eines Blattes, welches die Hebung und Verbesserung dieses Unterrichtszweiges anstrebt, nicht gebührend anzuerkennen. Der Inhalt der vorliegenden ersten Nummer ist übrigens nicht blos für Zeichenlehrer und Schuldirectoren interessant, sondern wird von jedem Techniker gern und mit Nutzen gelesen werden.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. Bd. VIII. 1864. Heft 5 bis 8. (Schluß.)

Voß, neue Rotationsdampfmaschine. — Bei diesem sinnreichen Dampfmaschinensystem ist die Kurbel vermieden und die Uebertragung der Bewegung erfolgt unmittelbar vermittelst schiefstehender Scheiben. Auf einer Grundplatte liegen nämlich in festen Lagern zwei kurze horizontale Wellen, deren Axen einen schiefen Winkel mit einander bilden. Dieselben tragen an ihren vorstehenden Köpfen die erwähnten senkrechten Scheiben, an deren Peripherie sich drei gleich vertheilte Kugelgelenke befinden. Die eine Scheibe enthält drei von diesen Vertiefungen ausgehende und auf der Hinterseite in der Nähe der Nabe der Scheibe endende Canäle und hinter ihr liegt ein Kreisschieber mit einer sectorförmigen, ungefähr $^2/_3$ des halben Umfanges umfassenden, nach dem Dampfzutrittsrohre und einer ebensolchen, den halben Umfang einnehmenden, nach dem Austrittsrohre führenden Kammer, welche Letztere durch einen, die Stärke der Expansion bestimmenden Zwischenraum von Ersterer entfernt ist. Zwischen diesen beiden Scheiben liegen nun drei horizontale Dampfcylinder, welche von ihren Kolbenstangen getragen werden, indem diese Kolbenstangen in Kugeln endigen, welche in den erwähnten Kugelgelenken der zweiten Scheibe liegen, während ebensolche Kugeln am Deckel der Cylinder vor den Kugelgelenken der Scheibe mit den Dampfcanälen ruhen. Letztere sind natürlich durchbrochen und führen den Dampf in die einfach wirkenden Dampfcylinder. Die Mitte der Scheiben besitzt ebenfalls kugelgelenkartige Vertiefungen, in denen die Transmissionswelle ruht, welche die Bewegung der einen Scheibe auf die andere vermittelt und die Hauptriemenscheibe trägt, von welcher aus die Bewegung weiter fortgepflanzt wird. Durch den Druck des Dampfes wird eine Rotation der Scheiben bewirkt, durch welche dann der ganze Apparat mitgenommen wird, und es streichen dabei die Dampfcanäle dergestalt an dem feststehenden Kreisschieber vorbei, daß der Dampf abwechselnd in die Cylinder eingeführt wird und aus ihnen, nachdem er während $^1/_3$ des Hubes expandirt hat, wieder ausströmen kann. Ersparniß an Anlagekosten, an Raum und an Montirungskosten dürften diesem neuen System zuzusprechen sein, auch ergab ein Bremsversuch einen Wirkungsgrad von 60% und einen Dampfverbrauch von 5 Pfund pro effective Pferdekraft und Stunde.

Neumann, über Mahlmethoden, mechanische Verhältnisse der Mühlen und Raumbedarf. — Abdruck aus des Verfassers, bei B. F. Voigt in Weimar unter dem Titel: der Mahlmühlenbetrieb erschienenem Werke.

Dampfüberhitzungsapparate. — Bei dem Dampfschiffe „Stadt Dömitz" auf der Unterelbe ist in den Rauchcanal zwischen dem Kessel und dem Schornstein ein Röhrensystem eingelegt, durch welches die Dämpfe streichen, ehe sie zur Maschine gelangen, und soll diese Einrichtung sehr wesentliche Ersparnisse ergeben. In der Zuckerfabrik von Köhne und Böckelmann in Magdeburg ist bei einer vierpferdigen Dampfmaschine, welche durch eine 140' lange Rohrleitung gespeist wird, eine Kohlenersparniß von 16 bis 17 Procent dadurch erzielt worden, daß die Dämpfe vor dem Eintritt in die Maschine durch einen in dem Schornsteine eines Knochenglühofens angebrachten Ueberhitzungsapparat, welcher 21 Stück 5' lange und 3" weite Rohre umschließt, geführt werden.

Stevenson, Zerstörung des kreosotirten Holzes durch Bohrwürmer. — Nach Beobachtungen, welche in den Proceedings of the Royal Society of Edinburgh auf 1862 mitgetheilt sind, wird selbst das mit Kreosot imprägnirte Holz von der Limnoria terebrans zerstört, wenn es auch mit der größten Sorgfalt bereitet worden ist, und zwar beginnt diese Zerstörung, sobald der Ueberzug dieses Oeles an der Außenfläche abgewaschen ist.

Mittel gegen feuchte Wände. — Als solches empfiehlt die Deutsche Industriezeitung eine Untertapete aus Asphaltpapier.

Zeitschrift des Architekten- u. Ingenieur-Vereines für das Königreich Hannover. Band X. Heft 4. (Jahrgang 1864.)

Sonne, über den Bruch des Wasserreservoirs bei Bradfield. — Ueber dieses, im März vor. Jahres erfolgte Ereigniß werden ausführliche Notizen mitgetheilt, von denen wir nur Folgendes entlehnen können. Der genannte große Sammelteich, welcher 78 Acres Fläche bedeckt, durchschnittlich 40 und an der tiefsten Stelle 90 Fuß engl. tief ist und 114 Mill. Cubikfuß Inhalt besitzt, wird durch einen quer durch das Loxlaythal gezogenen, in der Mitte 95' hohen, oben 12', unten 500' breiten Damm gebildet, welcher auf zerklüftetem Felsen ruht und deshalb mit seinem Puddle-wall (einer mitten in dem Damme angelegten Wand aus gestampfter fetter Erde) bis zu 60' in die Thalsohle hineingreift. Der Körper des Dammes wurde ohne die genügende Sorgfalt in 6 bis 8' hohen Schichten von sehr steinigem Boden aufgeschüttet, in denselben aber ein Paar nur 18" weiter gußeiserner Röhren mit Abschlußvorrichtung auf der Rückseite des Dammes eingelegt. Das Fluther erhielt 60' Breite. Der Bruch erfolgte in einer stürmischen Nacht bei vollständig gefülltem Teiche, gab sich vorher durch einen an der äußeren Dammböschung bei 10 bis 12' unter der Krone entstehenden Riß zu erkennen und dürfte wohl dadurch entstanden sein, daß der Dammkörper durch von unten aufdringendes Wasser erweicht worden ist.

Prestel, Zusammenhang der Aenderungen der Flußwasserstände und der atmosphärischen Niederschläge. — Man kann wohl allgemein behaupten, daß die zu Ende eines bestimmten Zeitabschnittes in den Wasserläufen, Reservoirs und im Untergrunde vorhandene Wassermenge gleich sein muß der zu Anfange dieses Abschnittes vorhandenen Wassermenge, vermehrt um die inzwischen gefallenen Niederschläge und vermindert durch das inzwischen verdunstete, abgeflossene oder sonst consumirte Wasser. Der Herr Verfasser weist nun an der Elbe, der Oder und dem Rhein nach, daß die Monatsmittel ihrer Wasserstände ganz dieselben periodischen Schwankungen zeigen, als die durch Combination des Niederschlages und der Verdunstung resultirenden Zahlen.

Hagen, die neuen Wasserkünste in Herrenhausen. — Nach Beschreibung der sehr eigenthümlichen Mecha-

nismen, welche ursprünglich zur Bewegung der berühmten Herrenhausener Fontainen benutzt wurden, wird die neue Anlage mit Hilfe von 3 Tafeln Zeichnungen ausführlich erläutert. Dieselbe besteht aus 4 doppeltwirkenden Pumpen von 16'' Kolbendurchmesser und $4^3/_4$' Hann. Hub, welche von zwei 29' hohen, 11' 10'' weiten Kropfrädern mit 45 Stück gekröpften $2^1/_2$' breiten Schaufeln bei 11' Gefälle mittelst Balanciers getrieben werden. Die 18'' weite Rohrleitung communicirt mit einem 5' weiten, 18' hohen Windkessel, und hat von letzterem ab 1800' Länge. Geht blos die Hälfte des Pumpwerkes, so arbeitet zur Erzeugung möglichster Gleichförmigkeit des Strahles noch eine kleinere horizontalliegende doppeltwirkende Pumpe mit, welche durch Zahnradvorgelege von der Wasserradwelle aus betrieben wird; dieselbe versorgt im Winter ganz allein die Bassins. Die Pumpenstiefel sind von Gußeisen, aber mit Metall gefüttert, die Kolben ebenfalls von Metall und am Umfange mit drei eingedrehten, $^1/_2$'' tiefen Nuthen versehen, in welche drei aus drei Lederstärken zusammengenähte Ringe fest eingepreßt sind. Die Ventile haben je zwei schrägliegende, am Umfange befestigte Klappen. Der Wirkungsgrad dieser Pumpwerke beträgt ca. 45 Procent, der Wasserverlust 5,4 Procent.

Sonne, Rechenscheibe. — Zeichnung und Beschreibung dieses einfachen Instrumentes, welches die ziemlich unvollkommenen Rechenschieber ersetzen soll. Näheres hierüber theilen wir weiter hinten mit.

Funk, Ventilation und Heizung in der neuen Hebammenlehranstalt zu Hildesheim. — Bei dieser Anstalt, deren Risse mitgetheilt werden, hat man Aspirationsventilation mittelst einer Saugesse angewendet, bei welcher die Erwärmung hauptsächlich durch die Küchenfeuerung erzielt wird. Die Esse ist 4' weit, 22'' breit und von der Kellersohle an 62' hoch und umschließt zwei 8'' weite gußeiserne Röhren, von denen die eine die heiße Luft der Küche aufnimmt, die andere aber durch einen besondern Herd geheizt werden kann; zum Ansaugen der Luft dienen 6 gemauerte Canäle von 1 Quadratfuß Querschnitt, welche gesondert aus den 4 Wöchnerinnenzimmern des 2. Stocks und aus 2 Zimmern des 1. Stockes herkommen. Diese Canäle münden in den Zimmern in der dem Ofen gegenüberstehenden Ecke über dem Boden und unter der Decke ein und sind mit regulirbaren Oeffnungen versehen, die frische Luft tritt aber durch unter dem Fußboden hingeführte, $^1/_2$ Quadratfuß große Canäle ein, welche in einen den eisernen Feuerungskasten umgebenden Ofenmantel einmünden, auch sind in den Oberlichtern der Fenster Luftklappen angebracht. Die Zimmeröfen besitzen einen für Steinkohlen eingerichteten gußeisernen Kasten, der frei in einem Kachelofen steht, und drei verticale Züge, von denen der erste durch ein hinten im Ofen freistehendes Rohr gebildet wird, während die beiden andern Züge seitwärts von Kacheln aufgeführt unter dem Heizkasten hindurchgehen. Beobachtungen zeigten, daß in der Esse kein gleichförmiger, in den Ecken vielmehr fast gar kein Zug stattfand, und daß man den wirksamen Querschnitt bei einer Feuerung auf $^1/_2$ bis $^2/_3$, bei gleichzeitiger Anwendung beider Feuerungen zu $^5/_7$ des Querschnittes annehmen konnte. Bei einer Lufttemperatur von $+ 6^0$ R. und einer Zimmerwärme von $+ 18$ bis 19^0 R. fand man bei alleiniger Heizung des Herdes das in einer Stunde ausströmende Luftquantum zu 18800 bis 31800 Cubikfuß, bei gleichzeitiger Heizung der beiden Feuerungen zu 50000 bis 71000 Cubikfuß. Sind die Zimmer ganz geschlossen, so ist die Wirkung der Esse sehr schwach, sie nimmt mit der Größe der Zuströmungsöffnungen zu und mit der Länge der Wege ab, ist aber von der Temperatur der Zimmer nur wenig abhängig. Im Sommer maaß man bei geöffneten Zuführungsröhren und geschlossenen Thürschiebern in der Esse 66600 Cubf., bei offenen Thürschiebern 77500 Cubf., während die Messungen in den von den Zimmern kommenden Canälen resp. 42410 und 65930 Cubf. pro Stunde geben, eine Differenz, die nicht ganz nachweisbar ist. Diese Anlage kostete 460 Thlr. und die Mehrfeuerung des Herdes kostet täglich 8 bis 10 Gr.

Treuding, über Ent- und Bewässerung der Ländereien. — Nach einem historischen Ueberblick über Dasjenige, was seit den ältesten Zeiten in dieser Richtung geleistet worden ist, spricht der Herr Verf. über die Ursachen der Versumpfung der Ländereien, indem er zunächst eine Zusammenstellung der in Clausthal, Emden, Göttingen, Hannover, Hildesheim, Lingen, Lüneburg, Oltendorf und Norderney angestellten Beobachtungen über die atmosphärischen Niederschläge giebt, wovon je nach der Beschaffenheit des Bodens 40 bis 70 Procent von dem Boden aufgenommen werden und das sogen. Grundwasser bilden, kommt ferner auf die Entstehung der Watts aus den Sinkstoffen der Flüsse und des Maifeldes zu sprechen, welches durch Eindeichung in Marschland, Polder, verwandelt wird, und gelangt so zur Aufstellung der Projecte zur Entwässerung. Solch einem Project müssen gute rißliche Aufnahmen, am besten mit Horizontalcurven in $^1/_3$ Meter oder weniger Abstand übereinander vorausgehen und dann ist zu überlegen, ob und auf welche Weise das Grundwasser und der atmosphärische Niederschlag entfernt werden kann. Dies kann geschehen durch Beförderung der Vorfluth, nämlich durch Entfernung der Hindernisse in den mit dem Sumpfe in Verbindung stehenden Flüssen und dem ganzen Inundationsgebiete, durch Ableitung des sogen. fremden Wassers und durch Anlage von Entwässerungsgräben, bei deren Dimensionirung die Stärke der Niederschläge und der meist $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ mal so starken Verdunstung zu Grunde zu legen, aber auch außergewöhnlich starke Niederschläge vorzusehen sind, und welche möglichst geradlinig und mit mindestens $^1/_{3000}$ bis $^1/_{5000}$ Gefälle durch die tiefsten Punkte der Niederung hindurch zu legen sind. Viele interessante Data müssen wir der eignen Nachlese überlassen.

Heizung und Ventilation der St. Georgshalle in Liverpool. — Vier im Souterrain aufgestellte Ventilatoren saugen die Luft durch Einfallschächte an und treiben sie der Erwärmung halber nach 27 durch Dampf und 5 durch heißes Wasser geheizten Spiralen, wovon erstere hauptsächlich nur zur Aushilfe bestimmt sind. Die Heißwasserspiralen dienen im Sommer zum Kühlen der Luft, indem man kaltes Wasser darin circuliren läßt. Zur Anfeuchtung der Luft läßt man direct Dampf in die Canäle ausströmen, läßt auch die eintretende kalte Luft durch Staubfontainen passiren. Man hat auf 7 bis 10 Cubf. frische Luft pro Person und Minute gerechnet. Die verdorbene Luft entweicht durch die Decken der Räume; zur Controlle des Zuges dienen sehr einfache, nach Art des Stromquadranten gebaute Anemometer in allen Ein- und Ausströmungsöffnungen, zur Bestimmung des

Feuchtigkeitsgrades Hygrometer (Thaupunkt 2° R. unter der Temperatur).

Eisenbahn von Santiago nach Valparaiso in Chile. — Nach einer Mittheilung des Erbauers, W. Lloyd, im Artizan. Die directe Entfernung beider Städte beträgt 70 engl. Meilen; die Straße muß aber zwei Ebenen von 830 und 1000′ und drei Gebirgszüge von 1300, 2595 und 1950′ Höhe über dem stillen Meere überschreiten, sodaß die dort übligen 2rädrigen, von 8 Ochsen gezogenen und etwa 2 Tons ladenden Wagen 6 bis 40 Tage zur Zurücklegung dieser Strecke brauchen. Die Bahn ist 114 Meilen lang und zeigt eine stärkste Gradiente von $1:44^1/_2$ auf $3^1/_2$ Miles Länge mit 16 Curven; da aber der 1600′ lange Tunnel durch einen Ausläufer der Anden anfangs noch nicht gleich fertig war, so legte man eine provisorische Bahn über den Gipfel mit Rampen von 1 : 13 und 1 : 15 und einer stationären Locomotive, welche ohne Unfall 4 Jahre lang in Betrieb gewesen ist. Eine sehr bedeutende schiefe Ebene ist die Tabou-Rampe, 12 Miles lang, 1360′ Steigung, Fallen $1:46^1/_2$, kleinster Curvenradius 604′. Hierin liegt der Maquis-Viaduct von 126′ Höhe und 600′ Länge mit einer Steigung von 1 : 46 und einer Curve von 604′ Radius, gebildet aus 100 und 148′ langen Blechträgern auf gußeisernen Säulen. Lloyd stellte Versuche über den Curvenwiderstand an, welche zwar nicht ganz genügend sein dürften, deren Ergebniß sich aber durch die Formel: $C = W\left(\frac{1000 + R}{R}\right)$ ausdrücken läßt, wenn W den Widerstand auf der geraden Strecke und R den Radius in Fußen bedeutet. In scharfen Curven hat man eine wesentliche Erleichterung des Ganges durch Bespritzen der Flanschen der Triebräder mittelst eines Wasserstrahles erzielt, wendet auch bei der Thalfahrt die Annässung der Schienen vom Tender ab an. Kosten der Bahn pro engl. Meile 20000 Pfd. Sterl.

Tabelle über Windgeschwindigkeiten und Winddruck. — Nach den von Admiral Beaufort eingeführten Benennungen hat man:

Benennung des Windes.	Geschwindigkeit in Met. pro Sec.	Druck in Kilogr. pro Qu.-Met.	Grad.
Windstille	0,0	0,0	0
Schwach	0,97	0,1	1
Schwache Kühlung	1,38—1,68	0,2—0,3	2
Leichte „	1,94—2,37	0,4—0,6	3
Mäßige „	3,04	1,0	4
Frische „	5,31	3,0	5
Starke „	6,86	5,0	6
Mäßiger Wind	9,70	10,0	7
Frischer „	13,75	20,0	8
Starker „	16,80	30,0	9
Viel „	19,40	40,0	10
Sturm	25,67	70,0	11
Orkan	30,70	100,0	12

Herstellung von Fangdämmen mit Hilfe von Senkbrunnen. — Beim Bau eines ca. 100 Meter langen Fangdammes wendete man zu Lorient 15 viereckige, 4,8 Met. lange und breite, 1,2 Met. in der Wand starke gemauerte Senkbrunnen an, welche durch 1,35 Met. starke Mauern unter sich verbunden waren und 0,2 Met. über die höchste Fluth heraufragten. Wenn ein solcher Senkbrunnen bis zu 0,7 oder 0,8 Met. über dem Felsengrund gesenkt war, so unterfing man ihn mit Mauerung und für die Verbindungsmauern rammte man in der Ebene der Außenseite Spundwände, zwischen denen die Baugrube ausgehoben wurde. Die ganze Höhe betrug 6 bis 8 Meter, der Cubikinhalt 2485 Cubikmet. und die Außenfläche 776 Quadr.-Meter, die darinliegende Baugrube 1562 Quadr.-Meter, die Kosten des Fangdammes 116544 Francs.

Wasserversorgung der Stadt Paris. — Paris erhält in 24 Stunden 153000 Cubikmeter Wasser, wovon 60000 zu Privat-, 46400 zu öffentlichen Zwecken, 30600 zu Staatsanstalten verwendet und 16000 Cubikmeter noch disponibel sind. Die Straßenröhren haben 754852, die Zweigröhren nach den Häusern 20948 Met. Länge.

Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereins. XVI. Jahrgang, 1864. Heft 6 bis 12.

Wertheim, Apparat zur selbstständigen Bestimmung der Menge und des specifischen Gewichtes der Flüssigkeiten. — Zum Messen größerer Flüssigkeitsmengen kann man sowohl die Bestimmung des Volumens, als diejenige des Gewichtes benutzen; Ersteres kann wiederum entweder mittelst feststehender oder beweglicher Gefäße (Aichgefäße oder Meßtrommeln) oder mittelst der Bestimmung der Geschwindigkeit erfolgen, doch eignen sich die beweglichen Meßgefäße nicht für große Flüssigkeitsmassen und der indirecte Weg mittelst der Geschwindigkeitsmessung giebt nicht genügend genaue Resultate. Auch die Gewichtsbestimmung mit selbstthätiger Registrirung ist äußerst schwierig zuverlässig zu erreichen und somit ist der Constructeur solcher Meßapparate in der Hauptsache auf die Anwendung feststehender Aichgefäße gewiesen, welche immer paarweise in der Art zu verbinden sind, daß sich das eine Gefäß füllt, während das andere ausläuft. Der hier beschriebene und abgebildete Apparat besteht aus zwei Gefäßen, für welche ein gemeinschaftlicher automatischer Steuerapparat angebracht ist, welcher den gleichzeitigen und abwechselnden Zutritt der Flüssigkeit zu dem einen und den Austritt aus dem andern Gefäße ermittelt. Dieser Steuerapparat wird in folgender Weise bewegt. Wenn eines der beiden Gefäße bis zu einem gewissen Punkte gefüllt ist, so läuft es über und die überlaufende Flüssigkeit tritt in einen unter dem andern Aichgefäße aufgestellten Cylinder und zwar über dessen Kolben, sodaß dieser niedergeht und dabei das Zuflußventil für das 2. leere Aichgefäß öffnet, das Austrittsventil dieses Gefäßes aber schließt; die Ventilstange des gefüllten Aichgefäßes ist durch einen Balancier in der Weise mit der Ventilstange des andern Gefäßes verbunden, daß sie gleichzeitig aufgeht, wenn jene niedergeht, und daß demnach gleichzeitig das Zutrittsventil zu dem vollen Gefäße geschlossen und sein Austrittsventil geöffnet wird, endigt übrigens ebenfalls in einem Kolben, welcher in einem aus dem andern Gefäße sich füllenden Cylinder spielt. Zur Bestimmung des mittleren specifischen Gewichtes sind die Meßgefäße wie an Waagebalken aufgehangen und Letztere dergestalt mit Gegengewichten belastet, daß sie horizontal stehen, wenn das Gefäß vollständig mit destillirtem Wasser gefüllt ist, sich aber in dem Maaße senken, als Uebergewicht vorhanden ist. Dieses Sinken des Gefäßes, welches dem specifischen Gewichte der dasselbe füllenden Flüssigkeit proportional ist, wird durch die Zusammendrückung einer darunter angebrachten Feder gemessen. Der Meßapparat hat nun außerdem noch zwei Zählapparate,

einen zur Notirung der Zahl der Entleerungen (Senkungen) und einen zur Registrirung der Tiefe der Senkung, aus welchen Angaben sich das Volumen und das specifische Gewicht ergiebt.

Saug- und Druckpumpen für Hausbrunnen von Gebr. Japy & Comp. in Paris. — Die genannte Firma liefert ein vollständiges Assortiment von derartigen Pumpen. Die Nr. 0, 1, 2 und 3 sind für geringe Brunnentiefen bis zu 27′ bestimmt, haben liegende Cylinder und folgende Leistung:

	Kolbendurchm.	Kolbenhub.	Lieferung pro Doppelhub.	Röhrenweite.
Nr. 0	2″ 9‴	1″ 10‴	1/4 wien. Maaß	10,5‴
„ 1	3″ 2,5‴	2″	1/2 „ „	1″
„ 2	3″ 9,5‴	3″ 3‴	1 „ „	1″,25
„ 3	4″ 6,5‴	3″ 7‴	1,5 „ „	1″,75

Bei den Japy'schen Pumpen sind vier hängende Ventilklappen angewendet und der Ventilkasten ist mit dem Pumpencylinder, in welchem der eigentliche Pumpenstiefel frei liegt, aus einem Stück gegossen. Die Construction ist nach den vorliegenden Abbildungen sehr compendiös und das Aeußere dieser Pumpen sehr gefällig.

Langer's Project zu einem eisernen Dachstuhl für das Hofopertheater in Wien. — Bogenförmiges Gespärre von 120′ Radius mit Ziehband an den Füßen und mit in der Sehnenrichtung liegenden Streben von den Füßen nach dem Scheitel, welche durch Gitterwerk ausgefüllt sind. Die Berechnung zeigt geringen Materialverbrauch bei dieser Construction, welche sich deshalb für große Dachstühle empfiehlt.

Schwarz, über Axbrüche. — Von dem mitgetheilten statistischen Material sei erwähnt, daß in den J. 1859 bis 1863 an dem Wagenpark der Kaiser Ferdinands-Nordbahn nur 106 Brüche oder 0,182 Procent an Güterwagenaxen, welche 10 bis 12 Jahr in Betrieb gestanden und 28000 bis 30000 Meilen Weg zurückgelegt hatten, vorgekommen sind. Stärke in der Nabe 4″, im Axschenkel 2½″, Länge 5″. Der Bruch erfolgte fast nur an der innern Seite der Radnabe und war fast stets ein alter vorbereiteter.

Allen's eincylindrige Dampfmaschine mit doppelter Expansion. — In einem Dampfcylinder von etwa doppelt soviel Länge, als bei den gewöhnlichen Cylindern, bewegt sich ein engerer Cylinder, der an beiden Enden mit der gewöhnlichen Kolbenliederung abgedichtet ist, während er an seinem cylindrischen Theile von einer in der Mitte des Dampfcylinders angebrachten ringförmigen Scheidewand dicht umschlossen wird, sodaß vier Dampfräume, zwei cylindrische an den Enden des Kolbens und zwei ringförmige an seinem mittleren Umfange entstehen. Im Dampfschieberkasten liegen zwei entlastete Schieber mit Canälen, zwischen welchen der Dampf in den ringförmigen Raum des Kolbens auf der einen Seite der Scheidewand eingeführt wird, während der vor dem Kolben befindliche Dampf ausströmt und der auf der andern Seite der Scheidewand und hinter dem Kolben befindliche Dampf expandirt. Bei einer nach diesem System gebauten Maschine hat der feste Cylinder 9¾, der Kolbencylinder 8¾″ Durchmesser, der Kolbenhub beträgt 12″, die Dampfspannung im Kessel 52 Pfd. und der Brennmaterialverbrauch 4 Pfd. Gascokes pro Pferdekraft und Stunde.

Versuche mit einer Laubereau-Schwartzkopff'schen Heißluftmaschine. — Ueber die Leistung der von Schwartzkopff in Berlin verbesserten Laubereau'sche Heißluftmaschine, deren Theorie Herr Oberkunstmeister Schmidt im Civilingenieur Bd. VIII, S. 285 entwickelt hat, sind durch Treska in Paris Bremsversuche angestellt worden, welche zeigten, daß dieselbe bei einem Cokesverbrauch von ca. 4,35 Kilogr. und einem Wasserverbrauch von ca. 700 Litern pro Stunde und Pferdekraft den günstigsten Effect gab. Sie leistete in diesem Falle etwa ⅘ Pferdekräfte, was bei einer Maschine von 0,5 Met. Kolbendurchmesser und 0,4 Met. Hub mit ca. 40 Umgängen sehr wenig ist. Die erhitzte Luft, welche aber bis auf 40° abgekühlt wird, hat ca. 256° Wärme und übt nur ¼ Atmosphäre Druck auf den Arbeitskolben aus.

Schmidt, Ausflußmenge der Luft, insbesondere bei hoher Pressung. — Die ältere Formel

$$m^1 = \mu\, a \sqrt{2\, g\, (h_1 - h_2)\, \frac{\gamma}{\gamma_1}\, \frac{p_1}{p_2}},$$

welche die unter der äußeren Spannung p_2 und der inneren Temperatur t_1 gemessene Ausflußmenge pro Secunde angiebt, wenn a den Düsenquerschnitt, μ den Ausflußcoefficienten, h_1 den Manometerstand (in Quecksilbersäule) vor, h_2 denjenigen außerhalb der Düse, $\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$ das Verhältniß der Dichte des Windes zum Quecksilber, p_1 den Druck der Luft in der Windleitung in Kilogrammen pro Quadratmeter und p_2 denjenigen im Blaseraum bedeutet, ist bekanntlich nicht richtig, sondern muß wegen der Correctur auf die mechanische Wärmelehre mit einem Correctionscoefficienten behaftet werden, welcher nach des Herrn Verfassers Entwickelung für Pressungen von 0 bis 1,4 Atmosphären Ueberdruck beträgt:

$$\lambda = 1 - 0{,}03 \left(\frac{h_1 - h_2}{b + h_2}\right).$$

Ebenso ist die ältere Formel für den Gebläseeffect $E = m h \gamma$, wo m das der Windverluste wegen um 10% zu erhöhende Windquantum pro Secunde bedeutet, mit dem Coefficienten

$$\psi = 3{,}44 \left(\frac{b}{h}\right) \left[\left(1 + \frac{h}{b}\right)^{0{,}291} - 1\right]$$

zu multipliciren, welcher aber innerhalb der Grenzen $\frac{h}{b} = 0{,}6$ bis $1{,}4$ in

$$\psi = 0{,}932 - 0{,}160\, \frac{h}{b}$$

übergeht. Die Temperaturerhöhung durch Compression findet sich durch die Formel

$$T = T_0 \left(1 + \frac{h}{b}\right)^{0{,}291},$$

wo T und T_0 die absoluten Temperaturen im Cylinder und im Saugraum sind. Beispiele zeigen die Anwendung dieser Formel auf Bessemerofen-Gebläse.

Bericht über die 14. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure in Wien. — Kurzes Referat über die allen Theilnehmern unvergeßlichen Tage vom 30. August bis 2. September vor. Jahres.

Conservation eiserner Brücken. — Aller möglichen Vorkehrungen und Anstriche ungeachtet sind bei der letzten

Reinigung der Menai-Brücke ca. 800 Ctr. Rost von derselben entfernt worden, was also mit der Zeit für die Sicherheit bedenklich werden kann. Bei der Blackfriars-Brücke in London wird das fertige Eisen durch Abbeizen gereinigt, dann in Muffelöfen erhitzt und dunkelrothglühend in ein geschmolzenes Gemisch von gelbem Blutlaugensalz und Chlorkalium getaucht, um es zu verstählen. Nach kurzem Verweilen in dieser Mischung wird das Eisen in kochendem und dann in kaltem Wasser abgespült, an der Luft getrocknet und zweimal nacheinander mit Asphaltfirniß gestrichen, welcher Anstrich nach dem Einbauen nochmals zweimal wiederholt wird. Der Centner kommt hierdurch 1 Thlr. 10 Sgr. theurer zu stehen.

Nordling, Umgestaltung eingeleisiger in zweigeleisige Bahnen. — Aus den Annales des ponts et chaussées auf 1862. Den französischen Eisenbahngesellschaften war die Frage vorgelegt worden, ob es zweckmäßig sei, die zeither bestandene Vorschrift, wonach die concessionirten Gesellschaften den Grund und Boden für doppeltes Geleise zu acquiriren und die Kunstbauten für 2 Geleise herzustellen genöthigt waren, beizubehalten oder nicht, und sie antworteten darauf, daß auf den meisten neuen Linien ein zweites Geleise nicht nothwendig sein werde, und daß es daher zweckmäßiger sei, die Auslage dafür so weit möglich zu vertagen. Für Fälle, wo die spätere Nothwendigkeit eines zweiten Geleises bestimmt vorauszusehen ist, stellt sich nun aber die Frage so, ob die Ersparniß, welche bei der Unterlassung der Acquisition des Bodens für ein zweites Geleis und der Einrichtung der Kunstbauten auf zwei Geleise zu machen ist, nicht etwa durch die später entstehenden Mehrkosten aufgewogen werde, und diese Frage sucht Nordling in der vorliegenden Abhandlung zu beantworten. Ist A der Herstellungspreis für 1 Geleis, B der Mehraufwand für die gleichzeitige Herstellung des 2. Geleises, B_1 der Aufwand für die nachträgliche Bahnerweiterung und n die Anzahl der Jahre, welche bis zur Anlage des 2. Geleises verstreichen können, so muß unter Annahme einer 5 procentigen Verzinsung $A + B_1 = A + 1{,}05^n B$ sein, wenn die Vertagung des zweiten Geleises gerechtfertigt sein soll. Nach den beim französischen Centralnetze vorwaltenden Verhältnissen kann man den Ersparungscoefficienten beim Bau des Bahnkörpers im Mittel auf $\frac{B}{A} = 0{,}18$, bei weniger coupirten Strecken auf $\frac{B}{A} = 0{,}25$, und bei schwierigen Strecken auf $\frac{B}{A} = 0{,}1$ abschätzen; für die Objecte im Niveau (Flügelmauern u. dgl.) der Bahn ist $\frac{B}{A} = 0{,}25$, für Brücken mit auslaufenden Widerlagern $\frac{B}{A} = 0{,}40$, bei großen gemauerten Brücken 0,25 bis 0,33, bei Wegübergängen 0,4, bei Bahnüberbrückungen 0,11, also im Durchschnitt etwa $\frac{B}{A} = 0{,}25$ setzen. Das Verhältniß zwischen den Kosten der nachträglichen und denjenigen der ursprünglichen Verbreiterung ermittelt Nordling bei Wasserdurchläßen im Damme auf 19 bis 38, bei Durchläßen, deren Kopf in's Bahnniveau reicht, auf 20 bis 57, bei Brücken auf 53 bis 140, bei Tunnels auf 100 Procent, und findet daher schlüßlich, daß die meisten neuen Linien nur für ein Geleis ausgeführt und ausgekauft werden sollten. Bei den aussichtsvollsten Linien sollte man höchstens ein Bankett von 2 Met. Breite auf jeder Seite reserviren und gewisse Tunnels und Brückenfundamente auf zwei Geleise einrichten. Doch sei anzuempfehlen: die Vermeidung auslaufender Widerlager bei kleinen Brücken, sowie geböschter Mauern und zurücktretender Flügel an den Widerlagern, ferner die Annahme von 8 Met. Spannweite bei eisernen Ueberbrückungen und die Verlegung der Wärterhäuser in mindestens 6,5 Met. Abstand von der Axe des ersten Geleises.

Hydraulische Presse von Desgoffe & Ollivier in Paris. — Bei dieser hydraulischen Presse wird in den Preßcylinder nicht durch eine Pumpe Wasser gepreßt, sondern es wird der Raum unter dem Kolben dadurch verengt, also das Steigen des Kolbens dadurch bewirkt, daß eine starke Darmsaite auf eine Rolle innerhalb des Cylinders aufgewickelt wird. Die Rolle oder Trommel wird mittelst ihrer durch das Fußstück des Preßcylinders hindurchgehenden Axe gedreht und die Schnur oder Saite tritt durch eine Stopfbüchse ein. Soll der Stempel heruntergehen, so steckt man die Kurbel auf die außerhalb der Pumpe befindliche Rolle auf, von welcher das Seil abgewickelt worden ist. Große Einfachheit der Construction und die continuirliche Wirkung dürften diese Pressen für manche Anwendungen wohl empfehlen.

Fink, Berechnung der Spannungen in den Radreifen und Radsternen. — Die Ausdehnung eines Radreifes in Folge des Aufziehens beträgt $2\pi r(i - i_1)$, wenn i das relative Schwindmaaß $\left(\frac{r - r_1}{r}\right)$, i_1 die relative Zusammendrückung der Arme des Sternes, r den äußeren und r_1 den inneren Halbmesser bedeutet. Nennt man noch q den Querschnitt des Radreifes und E den Elasticitätsmodulus des Materiales des Radreifes, so giebt $S = Eq(i - i_1)$ die Spannung im Radreife, $P = 2\pi S$ aber die radiale Pressung für den ganzen Umfang. Bezeichnet weiter E_1 den Elasticitätsmodulus des Materiales des Radsternes, q_1 den Querschnitt des Sternkranzes und q_2 denjenigen einer Speiche, n die Anzahl der Speichen und ϱ ihre Länge, so ergiebt sich für Speichenräder:

$$i_1 = \frac{i}{1 + \frac{E_1}{E}\left(\frac{q_1}{q} + \frac{n}{2\pi} \cdot \frac{r}{\varrho} \cdot \frac{q_2}{q}\right)},$$

während für Scheibenräder ist:

$$i_1 = \frac{i}{1 + \frac{E_1}{E} \cdot \frac{q_1}{q}}.$$

Soll nun Σ und σ die zuläßige Inanspruchnahme für den Radreif und den Radstern sein, so hat man

$$i_1 = \frac{\sigma}{E_1} \quad \text{und} \quad i = \frac{\Sigma}{E} + \frac{\sigma}{E_1}.$$

Für n setzt man in der Regel $\frac{d}{4}$, wenn d der Durchmesser des Sternes in Zollen ist; das Schrumpfmaaß für Gußstahl kann $i = \frac{1}{350}$, für Puddelstahl $i = \frac{1}{770}$ und für Schmiedeeisen $i = \frac{1}{1310}$ gesetzt werden, da der Elasticitätsmodulus dieser drei Materialien ziemlich gleich, die Elasticitätsgrenze derselben aber resp. bei 800, 360 und 210 Centnern pro Quadratzoll gelegen ist, doch giebt man

gewöhnlich, je nach der größeren oder geringeren Solidität der Construction $\frac{1}{1000}$ bis $\frac{1}{600}$ und sollte sich hüten, ein zu großes Schrumpfmaaß zu geben, weil das Material Stößen u. dergl. weniger zu widerstehen im Stande sein wird, wenn es bis über die Elasticitätsgrenze hinaus in Anspruch genommen wird, zweitens weil der Radstern nach dem Abziehen des Radreifes nicht mehr den ursprünglichen Durchmesser annehmen kann, und drittens, weil die Pressung zwischen Reif und Stern mit der Abnutzung des Radreifes schnell abnimmt. $\frac{1}{900}$ bis $\frac{1}{1000}$ dürfte das rechte Schrumpfmaaß sein, und da zum bequemen Aufschieben des Radreifens eine Ausdehnung auf das 2 bis $2\frac{1}{2}$fache des Schrumpfmaaßes genügt, so braucht man nicht mehr als 225 bis 250° C. Hitze zu geben.

Schmidt, Anwendung des Wechsels für Geleiskreuzungen. — Um den Uebelstand zu beseitigen, daß das Rad bei Befahrung von Wechseln auf die Länge zwischen den Spitzen ohne Leitschiene fortrollen muß, wird der Vorschlag gemacht, die Laufschiene eines Geleises bis an die Kreuzungspunkte zu verlängern und um einen Punkt drehbar zu machen, diese Spitzschienen aber am freien Ende mit einem Stück Leitschiene für das zweite Geleise fest zu verbinden.

Langer's Brückenconstructionssysteme. — Interessanter Rückblick über die älteren Versuche der Versteifung von Kettenbrücken und Uebersicht über die in d. Bl. schon mehrfach besprochenen neuen Systeme von Brücken und Dachstühlen des bekannten österreichischen Ingenieurs Josef Langer, von denen sich ohne Zeichnungen leider kein deutliches Bild geben läßt.

(Schluß folgt.)

Erwiederung.

In dem letzten Hefte dieser Zeitschrift wurde von Herrn Krauß gegen die Veröffentlichung meines Schmierapparates (s. I. u. III. Heft dieses Jahrganges des „Civilingenieur") protestirt, indem Derselbe behauptet, die Idee zu diesem Apparate gehe von ihm aus.

Das von Hrn. K. selbst erwähnte nahe dienstliche Verhältniß, in welchem der Unterzeichnete zu ihm steht, würde es für jetzt kaum ermöglichen, einen juristischen Beweis zu führen, daß die Idee zu dem erwähnten Apparat umgekehrt von mir herrührt, und von Hrn. K. nur aufgenommen ist, es bleibt mir also nur übrig, die Bemerkungen des Hrn. K. für unwahr zu erklären und zur Begründung hierfür in Kürze den wahren Hergang zu erzählen.

Herr Krauß beauftragte mich, im Juli v. J. mit der Ausführung eines damals durch „Dingler's Polytechnisches Journal" bekannt gewordenen Schmierapparates von „Johnson", und da ich mich von dessen Unzweckmäßigkeit bald überzeugte, suchte ich denselben zu verbessern, wobei ich auf die Idee kam, durch Anwendung eines Doppelventils das Schmieren der Cylinder ganz unabhängig von der jeweiligen Condensation des Dampfes zu machen. Ich theilte natürlich sofort Hrn. K. dies Project mit, und wurde dasselbe von ihm als brauchbar erachtet und dessen Ausführung genehmigt. Nach einiger Zeit, im September v. J., als dieser Apparat noch gar nicht fertig war, erfuhr ich zufällig zu meinem größten Erstaunen, daß Hr. K. sich diesen Apparat in Baiern patentiren lassen wolle. Um mir nun unter solchen Umständen mein Erfindungsrecht zu wahren, sandte ich sofort eine Skizze nebst Erklärung meines Apparates (an dem ich mittlerweile noch das obere Ventil durch ein Kölbchen ersetzt hatte) an die verehrl. Redaction dieser Zeitschrift, welche dieselbe aber erst im März d. J. erscheinen lassen konnte.*)

Während dieser Zeit wurde nun der Apparat probirt, und es zeigte sich da bald, daß das untere Dampfventil auf die Dauer nicht dampfdicht hielt, weshalb es sich darum handelte, diesen Umstand zu beseitigen.

Ich machte den Vorschlag derjenigen Construction, wie ich sie im letzten Hefte des „Civilingenieur" veröffentlicht habe**), Herr Krauß aber hatte nach längeren Versuchen mit einem Vorarbeiter unserer Werkstätte einen anderen Weg gefunden, den erwähnten alleinigen Uebelstand meines Apparates zu beseitigen. Diese letztere Construction nun wurde an verschiedenen Locomotiven angebracht und bewährte sich bis jetzt ganz gut, so daß in Folge dessen Hr. K. in verschiedenen Staaten auf diesen Apparat Patente nahm. Da nun aber das Grundprinzip dieses von Hrn. K. patentirten Apparates das von mir erfundene und veröffentlichte ist, so ist es sehr begreiflich, daß diese Veröffentlichung Hrn. K. sehr ungelegen kam, da sein Patent hierdurch werthlos wird.

Mir thut es leid, daß die Sache soweit gekommen ist,***) und ich hätte sicherlich den Apparat nicht veröffentlicht, bevor ganz sichere Resultate über denselben vorgelegen hätten, wenn nicht Hr. K. durch das Patentnehmen hinter meinem Rücken mich dazu genöthigt hätte.

Die Würdigung dieser ganzen Angelegenheit kann ich getrost dem unbefangenen Urtheil meiner Fachgenossen überlassen; wem die Handlungsweise des Hrn. K. mehr als eigenthümlich vorkommen sollte, dem kann ich nur als Milderungsgrund anführen, daß Hr. K. vielleicht von der Ansicht ausgeht, daß alle Verbesserungen, die unter seiner Direction ausgeführt werden, eo ipso auch sein geistiges Eigenthum seien, einen Standpunkt, den ich durchaus nicht für gerechtfertigt halte.

Zürich, den 21. Mai 1865. **Volkmar.**

*) Die Zusendung erfolgte unter dem 24. September 1864 und das 1. Heft des Civilingenieur ist Mitte Januar des lauf. Jahres ausgegeben worden. D. Red.

**) Der Redaction unter dem 2. Febr. d. J. mitgetheilt.

***) Die unterzeichnete Redaction leiht zu derartigen Erörterungen auch nur ungern die Hand, glaubt aber dieser Entgegnung die Aufnahme ebensowenig verweigern zu dürfen, als der Erklärung in Nr. 3 d. Bl., und erlaubt sich dabei zugleich die Bitte auszusprechen, daß von der Einsendung etwaiger weiterer Correspondenzen über diesen Gegenstand abgesehen werden möge. B.

Preisausschreibung.

Der Oesterreichische Ingenieur- und Architekten-Verein hat im Jahre 1863 zwei Preise, zu 400 und 200 Vereinsthalern für die beste Abhandlung über die brauchbarsten Dachconstructionen aus Holz und Eisen ausgeschrieben.

Termin zur Bewerbung bis 30. September lauf. J. 1865.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem elften Bande des

Civilingenieur.

№ 5.

Literatur.

Handbook of the Steam-Engine. Containing all the rules required for the right construction and management of engines of every class, with the easy arithmetical solution of those rules. Constituting a Key to the „Catechism of the Steam-Engine." Illustrated by sixty-seven Woodcuts and numerous Tables and Examples. By John Bourne, C. E., Author of a „Treatise on the Steam-Engine", a Treatise on the Screw-Propeller, a Catechism of the Steam-Engine etc. London: Longman, Green, Longman, Roberts, & Green. 1865. (Leipzig, bei Ludwig Denicke.)

Dieses Buch stellt sich die schwierige Aufgabe, wißbegierige Praktiker über die Dampfmaschinen soweit zu unterrichten, daß sie dieselben zu entwerfen und richtig zu beurtheilen lernen. Es beginnt demgemäß mit dem Nothwendigsten aus der Mathematik ($^1/_6$ des Buches) und den einfachsten Begriffen der Mechanik ($^1/_8$ des Inhalts) geht dann auf die Wärmelehre über, welcher eine Zusammenstellung der Regeln über die Proportionirung der Dampfmaschinen und Dampfkessel folgt, handelt nachher über die Untersuchung der Dampfmaschinen mittelst des Indicators und den Kraftbedarf der Maschinen, und schließt mit einem Capitel über die Dampfschifffahrt. Was die Behandlung des Stoffes anlangt, so ist dieselbe durchaus populär, Beweise der gegebenen Regeln sind nirgends vorhanden, es ist vielmehr überall nur auf die in England und Amerika beliebte rasche Abrichtung zur Ausführung der erforderlichen Rechnungen abgesehen. Der Verfasser ist aber vollkommen Herr seines Gegenstandes und seine früheren Schriften über die Dampfmaschine haben große Anerkennung gefunden, so daß auch dieses Buch, welches hauptsächlich als eine Erläuterung und Ergänzung seines bereits in wiederholten Auflagen erschienenen Katechismus der Dampfmaschine angesehen werden kann, wenigstens in England eine günstige Aufnahme sicher erwarten darf.

Oesterreichischer Bau-Almanach für Staats-, Landes- und Gemeinde-Beamte, Architekten, Ingenieure, Bauhandwerker, Bauunternehmer u. s. w. für das gemeine Jahr 1865. Zusammengestellt von Heinrich Grave, technischem Beamten im k. k. Staats-Ministerium, Architekten, Mitgliede mehrerer gelehrten Gesellschaften und wissenschaftlichen Vereine, Correspondenten der k. k. geologischen Reichsanstalt. Achter Jahrgang. Wien. Verlag von C. J. Bartelmus.

Außer dem Kalender, einer Stempelskala, der Genealogie des Kaiserhauses, dem Personal der bauwissenschaftlichen Anstalten, Baubehörden, Eisenbahnen, der Wiener Bauhütte u. s. w. giebt dieser Almanach auch die Bauordnungen der Städte Linz und Wien, die in Niederösterreich und überhaupt in der österreichischen Monarchie geltenden Bauvorschriften und die Verordnungen bezüglich der Privattechniker, und bringt die von einem Comité des österreichischen Ingenieurvereines aufgestellten Tabellen über die im Baufache vorkommenden gewalzten eisernen Träger, sowie ein Verzeichniß neuerer technischer Werke u. s. w. Bequemes Format und schöne Ausstattung gereichen dem Almanach zur besondern Empfehlung.

Ueber Anlage secundärer Eisenbahnen in Preußen. Von H. Schwabe, Eisenbahn-Bauinspector im Königl. Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten. Berlin. Verlag von Ernst & Korn (Gropius'sche Buch- u. Kunsthandlung). 1865.

Sogenannte secundäre Eisenbahnen, oder Bahnen für solche Gegenden, welche vom größeren Verkehre abgeschlossen sind und auch nicht in denselben aufgenommen zu werden erwarten dürfen, sind jetzt bei der vorgeschrittenen Entwickelung Preußens aus Billigkeitsrücksichten nicht mehr zu vermeiden und die vorliegende Broschur beschäftigt sich mit der Aufsuchung der Mittel, wie dieselben mit günstigem Erfolge ausgeführt werden können. Der Herr Verfasser behandelt diese wichtige Frage mit großer Klarheit und Umsicht und stützt sich bei seinen Berechnungen auf die Resultate der wichtigsten secundären Eisenbahnen Schottlands, welche in Anlage I mitgetheilt werden, sowie auf den Stand der Einnahmen und Ausgaben derjenigen preußischen Eisenbahnen, welche den geringsten Verkehr haben (Anlage V), und auf eine Uebersicht der Verwendung des Anlagecapitals einiger anderen Preußischen Eisenbahnen (Anlage III). Wir können nur wünschen, daß dieses Schriftchen die gebührende Beachtung finden möge.

Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der k. k. Bergakademien Schemnitz u. Leoben und der k. k. Montan-Lehranstalten Przibram für das Jahr 1864. XIV. Bd. (Als Fortsetzung des Jahrbuches der k. k. Montan-Lehranstalt zu Leoben.) Redacteur: Gustav Faller, k. k. Bergrath und Professor zu Schemnitz. Mit vielen in den Text gedruckten Holzschnitten und 5 lithographirten

Tafeln. Wien, 1865. In Commission bei Tendler & Comp. (Carl Fromme.)

Da der Inhalt dieses Jahrbuches wesentlich nur für Berg- und Hüttenleute bestimmt ist, so müssen wir uns mit Bedauern enthalten, näher auf denselben einzugehen. Als Aufsätze von allgemeinerem Interesse bezeichnen wir die Beschreibung des Maschinenbohrens zu Padochau, eine Abhandlung über Riementriebe, einen Bericht über die Erfahrungen und Fortschritte mit dem Bessemerverfahren und die Darstellung der Drahtseilfabrikation in Preibram, der Bergmann und Hüttenmann werden aber auch aus den übrigen Aufsätzen noch vielerlei Belehrung und Unterhaltung ziehen.

Handbuch zur Beurtheilung und Anfertigung von Bauanschlägen. Ein Hilfsbuch für Baumeister, Cameralisten, Gutsbesitzer, Bauunternehmer und Gewerksmeister von C. Schwatlo, Königl. Baumeister, Baumeister des General-Postamtes, Lehrer am Königl. Gewerbe-Institut, Privatdocent an der Königl. Bau-Akademie in Berlin. Dritte bis sechste Lieferung. Halle. G. C. Knapp's Verlag. 1865.

Vorliegendes Buch, dessen erste beide Lieferungen wir in Heft 1, dies. Jahrg. besprachen, bildet nunmehr in seiner Vollendung ein recht brauchbares Hilfsbuch zur Anfertigung und Prüfung von Bauanschlägen. Die Anordnung des Stoffes ist übersichtlich und das Nachschlagen durch ein gutes Inhaltsverzeichniß erleichtert;. Vollständigkeit und Zuverlässigkeit der Ansätze läßt nichts zu wünschen übrig und die mitgetheilten Schemata für Kosten- und Materialienberechnungen sind musterhaft zu nennen. Einige sich noch vorfindende Fehler und Unrichtigkeiten werden von Jedem leicht entdeckt und bei späteren Auflagen des Buches gewiß berichtigt werden.

Handbuch der elektro-magnetischen Telegraphie nach Morse'schem System. Ein theoretisch-praktischer Leitfaden für angehende Telegraphisten, Eisenbahnbeamte, Techniker, Freunde der Physik und das gebildete Publikum. Von Clemens Pfeiffer, Vorstand des Königl. Sächs. Telegraphen-Bureaus in Zittau. Mit einem Atlas von 16 Tafeln, enthaltend 168 Abbildungen. Weimar. 1865. Bernhard Friedrich Voigt.

In diesem leicht verständlich geschriebenen und den Stoff weder zu detaillirt, noch zu oberflächlich behandelnden Buche erhalten angehende Telegraphisten ausreichende Belehrung über die elektro-magnetischen Telegraphen nach dem Morse'schen Systeme und Telegraphenbeamte eine praktische Unterweisung für die verschiedenen Vorkommnisse ihres Berufes. Dasselbe beschäftigt sich im ersten Abschnitte mit denjenigen physikalischen Kenntnissen, auf welchen die elektro-magnetische Telegraphie beruht, und behandelt dieselben mit gebührender Gründlichkeit, klar und deutlich. Der zweite Abschnitt beschreibt die oberirdischen, unterirdischen und unterseeischen Telegraphenleitungen im Detail, während ein dritter kurzer Abschnitt von den Einwirkungen der atmosphärischen Elektricität auf die Leitungen und von den telegraphischen Blitzableitern handelt. Im vierten Abschnitte sind die Morse'schen Apparate mit Hilfe guter Zeichnungen ausführlich erläutert und den Schluß des Buches bildet die Combinationslehre, welche mit großer Sachkenntniß vorgetragen wird. Daß in diesem Werkchen nur der Morse'sche Telegraph abgehandelt wird, dürfte seinem Zwecke ganz entsprechend sein und allgemeine Billigung finden, auch erscheint es uns als ein Vorzug dieses Buches, daß die zahlreichen demselben beigegebenen, großentheils in großem Maaßstabe gezeichneten Abbildungen in einem besonderen, sauber ausgeführten Atlas von lithographirten Tafeln zusammengestellt und nicht in Holzschnitten dem Texte einverleibt sind, was solche Bücher sehr vertheuert und durchaus nicht handlicher macht, wohl aber oft dazu zwingt, für die Figuren einen unzweckmäßig kleinen Maaßstab anzunehmen.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereins. XVI. Jahrgang, 1864. Heft 6 bis 12. (Schluß.)

Langer, Project der eisernen Dachstühle für die Wiener Markthallen. — Diese Dachstühle bestehen aus dreieckigen Gespärren. Die Sparren sind als Hängewerke construirt, stemmen sich am First gegeneinander und werden an den Füßen durch horizontale Zugstangen, statt der Balken, zusammengehalten. Die Sparren sind, je nach ihrer Länge und Belastung, einmal oder zweimal gesprengt; übrigens ist die Construction einfach und leicht zu montiren. Berechnungen und Zeichnungen sind beigegeben.

Salzmann, Egalisirungsmaschine für den Eisenbahnoberbau sammt Hebezeug. — Zur schnelleren und besseren Herstellung des Oberbaues wird hier eine auf einem leichten Wagen stehende Maschine mit 16 Stopfhämmern, von denen immer je zwei einander gegenüber arbeiten, und welche sämmtlich an derselben Schwelle, nämlich 6 innerhalb und 2 außerhalb der Schienen beschäftigt sind, vorgeschlagen. Diese 18 Pfund schweren Hämmer werden, wie die Stampfen bei einem Stampfwerk, durch zwei Däumlingswellen, welche nach entgegengesetzten Seiten umlaufen, bewegt, beim Weiterschieben des Wagens aber durch Ketten aufgezogen. Ein ebenfalls abgebildetes Hebezeug ist so eingerichtet, daß 1 Mann die gesunkenen Oberbaustellen in das gehörige Niveau heben kann; das Hebelarmverhältniß ist nämlich ein neunfaches. Zur Bedienung der Maschine sollen 6 Mann, nämlich 2 zum Drehen, 1 zum Schotterzuwerfen, 2 zum Abdecken und Ausheben der Schwellen und 1 zum Planiren erforderlich und dadurch in 10 Stunden Arbeitszeit die Schwellen auf 225 Klaftern Bahn mit Schotter zu unterstopfen sein, während ohne Maschine dieselbe Arbeiterzahl nur eine Strecke von 40 Klaftern Oberbau herzustellen im Stande sei.

Schmidt, Vergleich der Theorie der calorischen Maschine mit den Versuchsresultaten. — Unter Benutzung der schon oben auf S. 52 erwähnten Treska'schen Versuche mit einer Laubereau-Schwartzkopff'schen calorischen Maschine findet der Herr Verfasser eine sehr befriedigende Bestätigung seiner im 8. Bande des Civilingenieur gegebenen Theorie dieser Maschine. Die mittlere Spannung

der heißen Luft war bei den Versuchen 1,155 Atmosphäre und das Verhältniß der Maximalspannung zur Minimalspannung = 1,72, das Verhältniß der absoluten Temperaturen der kalten und heißen Luft 0,555 bis 0,683, der Heizeffect von 1 Kil. Cokes etwa 4100 Calories, der Coefficient für den schädlichen Raum ca. 33 %, und das Verhältniß der am Kolben in Arbeit umgesetzten Wärme zur Gesammtwärme 8,6 bis 11,1 %, wovon übrigens auf die Kurbel nur 46 % übertragen werden.

Schwarz, Vergleichung der Transportkosten auf horizontalen Strecken und auf Steigungen von 1 : 50. — Unter der gewöhnlichen Annahme, daß der Widerstand auf horizontaler Bahn 8 Pfd. pro engl. Tonne Bruttogewicht und in Krümmungen von 500′ Radius $1\frac{1}{2}$ mal so groß sei, ergiebt sich die virtuelle Länge einer Bahnlinie, d. h. diejenige Länge einer horizontalen Bahn, welche denselben Widerstand wie eine Linie mit Steigungen und Krümmungen verursacht, durch die Formel:

$$L = l\left(1 + \frac{280}{n}\right) + 98\,\frac{z}{r} \text{ Meilen,}$$

wo $\frac{1}{n}$ das Steigungsverhältniß, z die von den Krümmungen einer Bahn gebildete Anzahl von Kreisen und r den Krümmungsradius in Fußen bedeutet. Wäre z. B. $l = 3$, $z = 10{,}2$ und $r = 500'$, so hätte man $L = 21{,}8$ Meilen. Wenn nun durchschnittlich auf horizontaler Bahn die Kosten der Transportkraft pro Fahrtmeile mit 4,08 Fl. anzusetzen sind, nämlich 1,3 Fl. für Brennmaterial, 1,2 Fl. für Reparatur und Abnutzung der Maschinen, 0,3 Fl. für dasselbe beim Tender, 0,35 Fl. für Bedienung bei der Wasserversorgung, 0,8 Fl. für Löhne der Maschinisten und Heizer, 0,13 Fl. für Schmier- und Putzmaterialien, und wenn diese Sätze mit Ausnahme des dreimal so hoch anzusetzenden Aufwandes für den Tender, welcher bei der Thalfahrt fortwährend gebremst laufen muß, auch für die Bahn mit Steigungen gelten, so erhält man für letztere Bahn 4,68 Fl. Aufwand für die Transportkraft pro Fahrtmeile. Um einen Vergleich anstellen zu können, muß man ferner bedenken, daß die über eine starke Steigung zu führenden Züge getheilt werden müssen. Auf einer 22 Meilen langen horizontalen Bahn würden bei 6 Lastzügen und 4 Personenzügen täglich nach jeder Richtung $2 . 22 . (6 + 4) . 4{,}08 = 1795{,}2$ Fl. Kosten pro Tag erwachsen. Müssen aber bei der 6 Meilen langen Gebirgsbahn von gleicher virtueller Länge die Güterzüge in 4, die Personenzüge in 2 Abtheilungen getheilt werden, so erhält man pro Tag:

$$4 . 6 . 4 . 3 . 4{,}68 + 2 . 4 . 4 . 3 . 4{,}68 = 1797{,}12 \text{ Fl.}$$

oder beinahe gleich viel Kosten für Transportkraft. Zieht man auch noch die Kosten für Bahnerhaltung, Aufsicht und Abnutzung der Betriebsmittel mit in Rechnung, so werden diese bei der längern Bahn nicht im Verhältniß der Länge größer sein, denn die Bahn mit starken Steigungen wird ein stärkeres Aufsichtspersonal, häufigere Schienenreparaturen und mehr Kosten für Abnutzung der Fahrzeuge bedürfen. Rechnet man auf der Horizontalen für Unterhaltung des Unter- und Oberbaues 1,4, für Bahnaufsicht s. Zubehör 0,45 und für Reparaturen am Wagenpark 1,00 Fl., also im Ganzen 2,85 Fl. jährlich pro Fahrtmeile, und auf der Bahn mit $\frac{1}{50}$ Steigung doppelt soviel, so erhält man für erstere einen Jahresaufwand (incl. Transportkosten) von 1112958 Fl., für letztere 905608 Fl., oder die Kosten pro Bahnmeile verhalten sich ungefähr wie 1 : 3.

Schmid, über die Bender'sche Sicherheitsvorrichtung gegen das Klemmen an den Wagenthüren. — Auf den Linien der österreichischen Staatseisenbahn ist auf der innern Seite der Wagenthüren ein um $1\frac{1}{2}''$ vorspringender Streifen starkes Leder auf einer $\frac{1}{2}''$ starken Holzleiste befestigt, durch welchen in der einfachsten Weise dem Einklemmen der Finger und Kleider vorgebeugt wird.

Köstlin u. Battig, Vertheidigung ihres eisernen Oberbausystems — gegen die im 3. und 4. Hefte der Zeitsch. des Oesterr. Ing.-Ver. dagegen erhobenen, in d. Bl. auf Seite 13 kurz erwähnten Bedenken. Die Herren Erfinder verwahren sich gegen die Gleichstellung ihres Systemes mit dem in Egypten versuchten eisernen Oberbau, welcher nur in einer Materialänderung mit Beibehaltung der Stuhlschiene und der Unterstützung an einzelnen Punkten bestanden habe, während das neue System eine 1′ breite, in Schotter eingebettete, continuirlich unterstützte Fußflansche und ein $2\frac{1}{2}$ bis 3 mal so großes Gewicht besitze. Was die Tragfläche anlangt, so bemerken sie, daß man die 21′ langen gewöhnlichen Schienen nur deshalb mit 8 Schwellen versehe, weil sie nicht continuirlich gestützt sind, außerdem aber gewiß nur 7 Schwellen mit 42 Quadratfuß Auflagefläche anwenden werde, und daß das neue System ebensoviel Tragfläche biete. Gegen den Einwurf, daß in Curven die richtige Linie, Ueberhöhung und Geleisweite verloren gehen werde, führen sie an, daß das neue System eine mindestens ebenso gute Querverbindung besitze und durch die Einbettung weiteren Widerstand zu leisten im Stande sei, daß die Ueberhöhung auch bei Anwendung von Querschwellen nur auf der Unterstopfung des Schotters beruhe, daß bei Dammsetzungen Längsschwellen wenigstens auf der einen Seite festgebettet bleiben würden, und daß Quereisen gewiß wirksamer zur Erhaltung der Geleisweite seien, als die in's Schwellenholz eingetriebenen Nägel. Der Wechsel von Wärme und Kälte sei dadurch unschädlich gemacht, daß jeder einzelne Theil des neuen Gestänges sich ganz für sich ausdehnen oder zusammenziehen könne, und was den Rostfraß anlange, so sei überhaupt eine gute Drainirung des Bahnkörpers nöthig und bei einer solchen würden die Zerstörungen gewiß nur langsam fortschreiten.

Organisation des k. k. polytechnischen Instituts in Wien. — Gutachten eines von dem Verwaltungsrathe des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines eingesetzten Comités über den von dem Professoren-Collegium der genannten Anstalt dem Staatsministerium überreichten Entwurf eines neuen Organisationsplanes. Sehr interessant und beachtenswerth, nur leider nicht näher motivirt.

Finck, über den vom Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen berathenen eisernen Oberbau. — Auch bei diesem Oberbausystem wird die eigentliche Fahrschiene, welche T förmig gestaltet und beziehentlich von Stahl gefertigt ist, von zwei continuirlichen Winkelschienen mit stumpfem Winkel, deren Stöße gegen diejenigen der Fahrschiene versetzt und durch T förmige Sättel verstärkt sind, getragen und daran durch Schrauben und Keile befestigt. An jedem Stoße sind zur Erhaltung der Spurweite hochkantige Flacheisen angebracht.

Rebhann, über die Aspernbrücke. — Beim Wachsen oder Abnehmen der Temperatur um 1° senken oder heben

sich die Tragkettenscheitel um $1^3/_4$ Linien, was die Brückenhöhe im Winter um 7" größer ausfallen läßt, als im Sommer. Die Brückenbahn besteht aus einer Lage nicht dicht zusammenstoßender Streubalken, ferner aus einer Lage von reinkantigen, im Kern durchschnittenen und zusammengedübelten Hölzern und aus zwei $^1/_2$ und $^3/_4$ Zoll starken Asphaltlagen, wovon Letztere mit Kiesschotter gemengt ist. Starke Proben hat diese nach dem Schnirch'schen Systeme gebaute Brücke bei dem Truppenmarsche geliefert, welcher bei Gelegenheit ihrer Eröffnung stattfand.

Schwarz, über Anwendung von Gußstahl und Schalenguß auf der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn. — Zwei auf dem Nordbahnhofe in einem sehr frequenten Geleise liegende Gußstahlherzstücken der Bochumer Fabrik haben sich nach 9monatlicher Benutzung noch um keine meßbare Größe abgenutzt. Bei zwei in dem sehr frequenten und vieles Bremsen erfordernden Geleise zwischen dem Nordbahnhofe und dem Hauptzollamte gelegte Schalengußherzstücke von Ganz zeigten nach 22monatlichem Gebrauche nur 1,6 Millimeter Abnutzung, während gewöhnliche 9' lange Herzstücke mit angestählter Spitze nur 2 bis 3, solche von Puddelstahlschienen nur 4 bis 6 Jahre Dienst thun.

Löhr, über die comprimirten Sandcemente von Coignet. — Bei den bétons agglomerés von F. Coignet zu St. Denis bei Paris bildet der Sand den Hauptbestandtheil, Steintrümmer und Kiesel sind aber ganz ausgeschlossen, auch wird er in Gestalt eines dicken plastischen Teiges verarbeitet und stark zusammengeschlagen. Grobkörniger röscher Grubensand wird mit $^1/_{10}$ bis $^1/_7$ Kalk, am besten hydraulischer Kalk, gemengt und zur Aufsaugung von überschüssiger Feuchtigkeit $^1/_{40}$ bis $^1/_{10}$ des Volumens Ziegelmehl, Steinkohlenasche oder Puzzuolane beigemengt, wofür auch zur Vermehrung der Festigkeit Portlandcement genommen werden kann. Wasser darf nur soviel zugesetzt werden, daß die Masse klebrig oder teigig wird; auch muß dieselbe sehr gut gemengt werden, was mittelst zweier übereinander liegender, zugleich in Bewegung gesetzter Zerkleinerungsapparate und in der Weise geschieht, daß im obern Apparate zu dem Kalke und den absorbirenden Stoffen nur 1 bis 2 Th. Sand gegeben, der übrige Sand aber im untern Apparate zugesetzt wird. Pro Stunde und Pferdekraft kann man 1 Cubikmeter Beton bereiten. Dieser wird in dünnen Lagen von 1 bis 2 Centimeter Stärke in Formen gebracht und mit Stößeln bis auf die Hälfte zusammengestampft, bis die Form voll ist, kann aber dann auch sogleich bedeutende Lasten tragen. Hydraulisches Mauerwerk dieser Art erhärtet im 5. bis 8. Theile der Zeit, als solches aus gewöhnlichem Beton und durch Anwendung höherer Wärme (60 bis 80° C.) kann die Geschwindigkeit der Erhärtung beschleunigt werden. Für gewöhnliches Gußmauerwerk rechnet Coignet 1 Th. Kalk auf 8 Th. Sand, zu Hochbauten 1 Th. Kalkteig auf 9 Th. Sand und 1 Th. Ziegelmehl, zu Wasserbauten 1 Th. Kalk auf 7 Th. Sand und 1 Th. Ziegelmehl, wozu bei gewünschter großer Härte $^1/_{36}$ Volumtheil Cement, für Trottoirs aber $^1/_{15}$ Cement zugesetzt wird. Man formt auf diese Weise Ziegel, Platten, Formziegel, Säulen u. dergl., stellt aber auch Gewölbe, Mauern, Straßencanäle, wasserdichte Senkgruben, Plafonds, wasserdichte Terrassen, Stufen u. dergl. her. Auch im Meerwasser stehen Blöcke aus diesem Beton. Quadern der besten Art kosten 70 Francs pro Cubikmeter, ornamentale Platten 4 Fr. pro Quadratmeter.

Allgemeine Bauzeitung. 1864. 29. Jahrgang. 7. bis 12. Heft.

Hölzerner Güterschuppen mit Rollkrahn von Nepveu. — Besonders bemerkenswerth ist der Nepveu'sche Rollkrahn, welcher auf 2000 Kil. Belastung eingerichtet ist und sich nach der Quere des Gebäudes bewegt. Die obere Kettenrolle des Krahns wird durch einen kleinen, auf sogenannten Zores- oder Λförmigen Schienen laufenden Wagen, der Fuß der schiefliegenden Krahnsäule (oder richtiger des Auslegers, denn eine eigentliche Krahnsäule fehlt) durch eine auf dem Fußboden des Schuppens laufende Rolle getragen und die Kettentrommel sammt Vorgelege befindet sich unten, wie bei gewöhnlichen Krahnen. Preis in Paris 1200 Francs.

Gutton, Zinkbedachung mit Kautschukverband. — Bei den Bahnhöfen zu Straßburg, Lyon, Grenoble u. s. w. ist die Deckung in der Weise ausgeführt, daß in Abständen von 10 bis 15 Metern zwischen zwei Zinkplatten krummgebogene Kautschukstreifen eingelegt und mit verzinnten eisernen Stiften angeheftet sind. Zum Schutz des Kautschuks sind dann über solche Wechsel gebogene Zinkplatten gelegt, welche auf der einen Seite angelöthet, auf der andern mit Haken befestigt sind. Solche Verbände werden in Paris für 14 Francs pro laufendes Meter geliefert.

Mühle von St. Maur bei Paris. — Mit Hilfe von zwei großen Doppeltafeln ist eine allgemeine Beschreibung der auf ein Gefälle von 3 Met. und 160 Pferdekräfte gegründeten, von 4 Turbinen getriebenen großen Mahlmühle zu St. Maur mit 40 Gängen mitgetheilt.

Regy, Reparatur der Brücke Legrand zu Cette mit Anwendung des Skaphanders. — Der in d. Bl. schon wiederholt erwähnte neue Tauchapparat, Skaphander, besteht bekanntlich aus einem sich wasserdicht an den Körper des Tauchenden anschließenden Wamms aus Kautschuk mit Hose und Aermeln, auf welches ein den Kopf bedeckender Helm mit Glasfenstern und zwei Ansatzrohren aufgeschraubt wird. An das eine der Ansatzrohre wird ein comprimirte Luft zuführendes Rohr angeschraubt, das andere Ansatzrohr aber besitzt das Austrittsventil für die ausgestoßene Luft. Dieser Apparat wurde bei der Reparatur der Brücke Legrand, deren Widerlager auf ein Meter Tiefe unterwaschen waren, nicht nur mit großem Vortheil zur Untersuchung der Betonfundirungen, sondern auch, um keine Unterbrechung des Verkehrs herbeizuführen, zur sparsameren Ausführung der Reparaturen verwendet und der vorstehende Aufsatz giebt eine detaillirte Beschreibung des dabei beobachteten Verfahrens. Die mit diesem Apparate versehenen Arbeiter können unter Wasser jedes Mauerwerk aus Beton, Bruchstein, Ziegeln, Werkstücken oder dergl. ausführen, Holz sägen und bohren, Abgrabungen vornehmen, Eisentheile zusammensetzen u. s. w. und vermögen drei bis vier Stunden unter Wasser zu bleiben.

Lepaire, Apparat zur Festigkeitsprüfung des Mörtels. — Zur Prüfung der absoluten Festigkeit dient ein schnellwaagenähnlicher Hebelapparat, durch welchen die mit geeigneten Vorsprüngen versehenen Steine vermittelst zangenartiger Haken gefaßt und zerrissen werden; zur Prüfung der rückwirkenden Festigkeit aber ein insofern modificirter derartiger Apparat, daß die zu zerdrückenden Steine unten auf einem von dem Schnellwaagenhebel nach oben gehobenen

Hebel stehen und gegen einen festen Widerstand angedrückt werden. Man kann damit einen Zug bis zu 156 Kil. und einen Druck bis zu 312 Kil. pro Quadratcentimeter ausüben.

Baumgärtner, die Regulirungen am Mittel-Rhein. — Kurzer Bericht über die daselbst ausgeführten und projectirten Flußbauten nebst ein Paar Karten.

Ritter, Verhalten einiger Cemente und hydraulischen Kalke gegen Meerwasser. — Der Herr Verfasser hat im Sommer 1862 zu Triest ausführliche Versuche über die zulässige Sandmenge und über die gegenseitigen Vortheile der Mörtelbereitung durch Mengen des trocknen Kalkpulvers und Sandes und nachmaligen Wasserzusatz, und der Mörtelbereitung durch Zusatz von trocknem Sande zum fertigen Kalkteige angestellt, welche sich auf Cement von St. Andrea, Portlandcement, hydraulischen Kalk von Steinbrück, Santorinerde, magern Kalk von St. Andrea und Fettkalk von Istrien beziehen. Die beiden ersten sind nicht eigentliche Cemente wie die Santorinerde, weil sie auch ohne Verbindung mit andern Kalken verwendet werden können, die beiden letzten besitzen keine hydraulischen Eigenschaften, d. h. sie erhärten nicht unter Wasser. Der Cement von St. Andrea wiegt durchschnittlich 95 Pfund pro Cubikfuß und enthält 11,09 Kieselerde, 41,60 Thonerde, 28,72 Kalk, 11,50 Magnesia, der Portlandcement wiegt 73 Pfd. und enthält 30,17 Kiesel- und Thonerde, 54,11 Kalk und Kohlensäure, 5,30 Eisenoxyd, 10,42 Alkalien, der hydraulische Kalk von Steinbrück wiegt 64 Pfd. und enthält 29,9 Kiesel-, 5,0 Thon-, 61,2 Kalkerde, die Santorinerde enthält 67,35 Kiesel-, 13,25 Thon-, 3,19 Kalkerde, 4,91 Eisenoxyd und -Oxydul, 9,87 Alkalien. Der Sand ist kalkiger Natur, feinkörnig von 0,003 Fuß Durchmesser und besteht feucht aus 0,51 Volumtheil festen Theilen, 0,08 Wasser und 0,41 leeren Räumen, sodaß 100 Thl. trockner Sand 115 Th. feuchter Sand entsprechen. Als Schotter kam 0,03 bis 0,25 Fuß großer Schlägelschotter von Santa Croce zur Verwendung, welcher nach der Messung mittelst Wasser im Durchschnitt 0,57 Volumtheile feste Masse hielt. Die fertige Mischung wurde durch Stampfen gedichtet, dann in parallelepipedische hölzerne Formen geschlagen und nach einiger Zeit in ruhiges Meerwasser versenkt. Einige der erzielten Ergebnisse wollen wir im Nachstehenden referiren. Dichte kalkige Mörtel ließen sich nach der ersten Methode nur bei dem magersten Kalke und feinem Sande erzielen, da der Sand eine gewisse Menge Wasser an sich reißt und durch Adhäsion festhält, bei den stärkeren hydraulischen Kalken verdient also die zweite Mörtelbereitungsmethode unbedingt den Vorzug. Auch stehen die kalkigen Mörtel der ersten Methode denen der zweiten Methode bezüglich der Schnelligkeit des Erhärtens und des Härtegrades, sowie bezüglich des zulässigen Sandzusatzes wesentlich nach. Als beste Mischungsverhältnisse von Sand und Cement (nach der zweiten Methode) wurden gefunden

bei Cement von St. Andrea	1 : 5
„ Portlandcement	2 : 5
„ hydraulischem Kalk von Steinbrück	1 : 2
„ magerem Kalk von St. Andrea (grober)	7 : 10
„ „ „ „ „ (feiner)	9 : 10.

Für Beton erhielt man zwischen dem Volumen des Schotters und Betons folgende Verhältnisse:

bei feinkörnigem Mörtel	9 : 10
„ grob „ „	8 : 10.

Noch leitet Herr Ritter einige allgemeine Formeln über Mischungsverhältnisse u. dergl. ab, welche zu vorläufigen Ueberschlägen geeignet sein dürften.

Die Louis-Philipp-Brücke über die Seine in Paris — ist eine massive Brücke mit drei Bögen, wovon der mittelste 32 Meter Spannweite und 8,25 Met. Höhe unter dem Schluß, jeder der beiden äußeren Bögen aber 30 Met. Spannweite und 7,73 Met. Höhe hat. Die Breite der Brücke beträgt 16 Meter, diejenige der Mittelpfeiler 4 Meter.

Lepaire, horizontale Betonmaschine. — Ein horizontaler Blechcylinder von 3 Met. Durchmesser und 7,5 Met. Länge, welcher innerlich 14 schrägstehende, 0,6 Meter hoch hervortretende und 2 Met. lange Blechschaufeln trägt, und von einem Manne um eine eiserne Welle gedreht wird, verarbeitet in 10 Arbeitsstunden 70 Cubikmeter Beton, sodaß dieser viel billiger zu stehen kommt, als bei der Bereitung in stehenden Betonmaschinen.

Festes Wehr in der Thurr bei Bitschweiler. — Der Thurr ist ein Gebirgsstrom, welcher zu Fluthzeiten 100 bis 160 Cubikmeter Wasser pro Secunde abführt, und durch ein 30 Meter breites steinernes Wehr 2,5 Met. hoch angestaut wird. Durch das Wehr ist eine 0,5 Met. starke und 1 Met. unter die Flußsohle hinabreichende Betonwand gezogen und damit eine auf dem Vordache angebrachte Betonschicht verbunden, welche mit Steinschüttung bedeckt ist.

Ueber Drainirungsarbeiten und Fabrikation der Drainröhren. — Aus einer ungenannten französischen Quelle.

Der comprimirte Asphalt. — In Paris verwendet man gepulverten Asphaltstein von Seissel im Departement des Ain, welcher in Kesseln bis zu 140° C. erwärmt, dann auf eine gehörig getrocknete, 10 Centimeter starke Betonschicht durch Stampfen aufgebracht und durch dreimaliges Walzen mit Straßenwalzen von 200,800 und 1800 Kil. Gewicht bis auf eine 5 Cent. starke Schicht comprimirt wird. Derartige Straßen werden nie schmutzig, sind ohne alle Störung des Verkehrs und sehr rasch auszubessern, kosten 15 Francs pro Quadratmeter und bedürfen pro Jahr etwa 1,25 Franc Reparaturen pro Quadratmeter.

Zeller, über Wasserleitungen. — Ueberseztung einer französischen Schrift, die wenig Neues enthält.

Eiserne Brücke für Fußgänger und Pferde. — Einfache Construction für eine Straßenbrücke über eine Eisenbahn, bestehend aus zwei, durch 2 Säulen in 8,1 Met. Abstand von einander gestützten eisernen Trägern von 20,7 Meter Länge als Geländern und einer aus eichenen Bohlen und Belag von Tannenholz bestehenden Brückenbahn auf eisernen Querträgern. Die Brücke sieht deshalb sehr leicht aus, weil die Flacheisen des Gitterwerkes von der schmalen Seite sichtbar sind und nur an den Kreuzungen die breite Seite zeigen. Gewicht der beiden Träger 2712,6 Kilogr. Gewicht der Balken und der Brückenbahn 3375 Kil., daher Totalgewicht pro laufendes Meter 150 Kil. Die Säulen sind 3,9 Met. lang, 9 Cent. weit im Innern, 12,4 Cent. stark von außen, 228 Kil. schwer. Kosten der Brücke incl. Erd- und Mauerarbeiten 228,3 Francs pro lauf. Meter.

Maschinen zum Heben des Wassers für Wasser-

leitungen und zu baulichen Zwecken. — Beschreibung der durch Turbinen getriebenen Wasserwerke der Städte Champlitte und Tours, des saugenden Stoßhebers von Leblanc, und der doppeltwirkenden Wassersäulenmaschine auf der Saline Saint Nicolas. Das erste Pumpwerk besitzt zwei stehende einfachwirkende Druckpumpen und 0,24 Meter weite zugedeckte Leitungsrinnen aus Cement von 4 bis 8 Cent. Wandstärke. Das Druckwerk zu Tours besteht aus vier liegenden Druckpumpen, welche durch zwei an der Vorgelegswelle der Turbine sitzende Kurbeln bewegt werden. Der Leblanc'sche Stoßheber findet sich im Civilingenieur, Bd. V, auf S. 191 beschrieben und die mit einem Gefälle von 174 Meter arbeitende Wassersäulenmaschine zu Saint Nicolas hat einen liegenden Cylinder mit Stulpkolben und Kolbensteuerung, welcher direct eine doppelt wirkende horizontale Pumpe mit Tellerventilen bewegt. Vorrichtungen zur Vermeidung der Stöße beim Umsteuern sind nicht angebracht, wenigstens ist eine besondere Einrichtung der Steuerkolben nicht angegeben.

Straßenbrunnen von Clement und Crozy. — Die Abstellvorrichtungen dieser Brunnen sind so eingerichtet, daß sie sich leicht bewegen und keine starken Stöße beim Abstellen geben; es wird nämlich, wie ohne Abbildung nicht weiter deutlich zu machen ist, das Oeffnen des eigentlichen Hahnes dadurch bewirkt, daß man erst einen kleinen, leicht beweglichen Hahn öffnet und dadurch das Druckwasser zum selbstthätigen Oeffnen des Haupthahnes zuläßt.

Ueber Imprägnation der Hölzer. — Beschreibung der in den Landes der Gascogne üblichen Verfahrungsweisen der Tränkung von Weinpfählen, sowie der Methode zum Imprägniren von Telegraphenpfosten nach Boucherie, von Eisenbahnschwellen nach Bethell, der Präpariranstalten zu Bordeaux und andern Orten.

Malgomme, über Construction der Blitzableiter. — Man nimmt an, daß ein Blitzableiter einen Kreis, welcher die dreifache Höhe zum Radius hat, zu schützen im Stande ist, und muß deshalb oft sehr lange Blitzableiter anwenden. Die beigegebene Tafel zeigt einige zweckmäßige Constructionen solcher großen Stangen.

Oefen zum Brennen von Ziegeln und andern Thonwaaren von Barbier & Colas. — Rundöfen mit continuirlichem Betrieb, über welche nicht genügende Data mitgetheilt sind, und von denen sich hier ohne Zeichnung eine verständliche Beschreibung nicht geben läßt.

Eisenconstructionen für Brücken, Träger, Fenster u. dergl. — Fenster sollen aus schmiedeeisernen Stäben gebildet werden, die unter sich durch aufgegossene Rosetten verbunden sind, indem man nämlich an den Knotenpunkten Gußformen, deren untere Hälfte auf einer Tafel befestigt ist, anbringt und diese, wenn die erhitzten Schmiedeeisenstäbe in die Formen eingelegt sind, mit schmelzendem Gußeisen füllt. Träger können durch Zusammengießen der Enden einer gebogenen schmiedeeisernen Schiene und einer geraden Spannschiene gebildet werden, zwischen welche Steifen eingesetzt und durch Vergießen befestigt sind. Ebenso lassen sich für große Spannweiten Bogenbrücken mit Füllung aus Gitterwerk herstellen, wobei überall an Stelle der Vernietungen oder Verschraubungen Knoten durch Vergießen treten. Die abgebildeten Fenster und Träger sehen sehr gefällig aus.

Tailfer's Straßenreinigungsmaschine. — Dieselbe schiebt den Koth blos in Haufen zusammen und besteht aus einem von Pferden gezogenen zweirädrigen Karren, dessen Axe mittelst Kettenvorgelege einen ringsum mit Piazawabesen besetzten 1,7 Met. langen Cylinder in Umdrehung versetzt. Die Axe des Besens liegt auf ein Paar auf- und abwärts verstellbaren Hebeln und schief zur Axe des Wagens, sodaß der hinabgelassene Besen den Kehricht zur Seite treibt. Ein zweiter, welcher mit gleicher Neigung der Axe zum Besen parallel zu dem ersten Wagen vorrückt, stößt den Haufen seitwärts und reinigt 1,7 Met. Straßenbreite. In der Stunde werden durch 1 Wagen 3000 Quadratmeter gereinigt, ungefähr 13 mal soviel als durch 1 Mann.

Martinek, die Dampfmaschinenbrodbäckerei und ihre Vortheile. — Als Vortheile derselben werden bezeichnet: größere Reinlichkeit, weil die Heizung der Oefen eine indirecte ist, Brennmaterialersparniß, weil man mit billigerem Material heizen kann, schöneres Aussehen der Waare, weil die Temperatur besser zu reguliren ist, Kostenersparniß, weil der Betrieb weniger Personal verlangt und weniger Reparaturen vorkommen. Zum Backen eines Schusses Brod von 110 Laib à 3 bis 5 Pfund Teigmasse sind 110 Minuten Zeit erforderlich und ein Etagenofen ist in 24 Stunden 10 mal zu füllen und zu leeren, wobei pro Schuß $1^1/_4$ Pfd. Holz und 45 Pfd. Steinkohle erforderlich sind. Kosten loco Wien 1400 Fl. Knetmaschinen geben einen besseren Teig, als Handarbeit und sind so zu beschicken, daß das Brod in 12 Minuten gut durchwirkt ist. Zeichnungen eines solchen Ofens sind beigegeben.

Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XIV, 1864, Heft 7 bis 12.

Gerstenberg, die erste städtische Turnhalle in Berlin. — Ein schönes und zweckmäßig eingerichtetes Gebäude nebst Turnplatz, welches vier städtischen Schulen zu gleicher Zeit und abgesondert, aber auch 600 Turnern gemeinsame Uebungen vorzunehmen gestattet. Die Grundrisse von 6 andern Turnanstalten zu Bremen, Stettin, Hamburg, Darmstadt, Gera und Berlin sind beigegeben. Die 70' weite, 150' lange und 55' hohe Turnhalle ist mit einem einfachen hölzernen Dachstuhl überspannt und von einer rings umlaufenden Gallerie umgeben.

Müller, das chemische Laboratorium der Universität Greifswald. — Das nach den speciellen Wünschen des Prof. Dr. Limprecht ausgeführte stattliche Gebäude ist bis in seine Details auf 7 Tafeln dargestellt.

Kümmritz, Verschluß der Thür- und Fensteröffnungen und Abtrittseinrichtungen für Gefängnisse. — Mit 3 Tafeln.

Herr, der Oderstrom mit seinen Ausflüssen in die Ostsee. — Fortsetzung der schon durch mehrere Jahrgänge der Zeitschrift hindurchlaufenden Nachrichten über die Ströme des preußischen Staates. Enthält unter Anderm sehr interessante Nachweisungen über die allmäligen Veränderungen der Odermündung in die Ostsee.

Dulk, Reisenotizen über französische Canäle. — Dieselben betreffen den Canal von Nantes nach Brest, den Canal du Berry, die Pariser Canäle, den Marne-Canal.

Hartwich, Rheinbrücke bei Coblenz. — Detaillirte Beschreibung der im Civilingenieur, Bd. XI, Taf. 14 bis 17 nur in den wesentlicheren Theilen vorgeführten schönen eisernen Bogenbrücke mit 24 prachtvoll gezeichneten Tafeln und Berechnung.

Aßmann, über die Canalisirung von Berlin. — Widerlegung der gegen die Canalisirung von Berlin ausgesprochenen Bedenken, welche hauptsächlich folgende sind: Befürchtete Nachtheile des volkswirthschaftlichen Interesses wegen des Verlustes der Düngstoffe, befürchtete Nachtheile für die Gesundheit der Einwohner durch die Ausdünstungen der Schleusen und Bedenken wegen des Kostenpunktes. Was den ersten Punkt anlangt, so wird hervorgehoben, daß mit dem Wesen der Canalisirung durchaus nicht nothwendig der Verlust der Düngstoffe verbunden sei, sondern daß zur Verdünnung der Canalflüssigkeit blos das aus den Waterclosets abfließende Wasser erforderlich sei, daß aber muthmaaßlich da, wo besondere Abtrittshäuser mit Tonnen nicht anwendbar seien, eine allgemeinere Einführung der Waterclosets angeordnet werden werde, um die genugsam gefühlten Nachtheile der Abtrittsgruben zu beseitigen, ferner daß die Nachfrage nach Düngstoffen jederzeit geringer gewesen sei, als das Angebot, der Werth dieser Düngstoffe auch sehr übertrieben werde, da $^8/_9$ des Gesammtwerthes aller Düngstoffe in den flüssigen Abgängen enthalten sei, welche ohnehin nicht aufgefangen zu werden pflegten, und da die Kosten für das Reinigen der Abtrittsgruben und das Fortschaffen des Düngers seinen Werth für den Hausbesitzer sehr verminderten. Was die sanitätlichen Bedenken gegen die Canalisirung anlangt, so beruhen diese auf einer Verwechselung der Cloaken mit gutgespülten und ventilirten Canälen, auf einer Uebertreibung der Nachtheile von Undichtheiten der Canäle und auf dem Vorwurf, daß die Spree durch die Canalflüssigkeit vergiftet werde, was bei der bedeutenden Verdünnung, welche im Flusse eintritt, nicht zugegeben werden kann. Das weiter Angeführte ist mehr von speciellem Interesse für Berlin.

Die schlesische Gebirgsbahn — führt vom Bahnhofe Kohlfurth über Lauban, Greiffenberg, Hirschberg, Jannowitz und Gottesberg bis Dittersbach bei Waldenburg und besitzt Zweigbahnen von Görlitz nach Lauban und von Dittersbach nach den Waldenburger Kohlengruben und zum Anschluß mit der Breslau-Freiburg-Schweidnitzer Eisenbahn. Sie soll später von Dittersbach über Neurade, Glatz, Habelschwerdt und Mittelwalde bis zur Landesgrenze und resp. bis zum Anschluß an die Prag-Wiener Bahn verlängert werden. Näheres über die Steigungsverhältnisse u. s. w. dieser ca. 20 Meilen langen Bahn befindet sich in unserer Quelle.

Raschdorff, das Municipalgefängniß in Cöln. — Erläutert durch Holzschnitte und 2 Tafeln.

(Schluß folgt.)

Notizen.

Sonne's Rechenscheibe, ausgeführt von Landsberg & Parisius in Hannover. — Alle Mittel, durch welche dem Ingenieur die Ausführung der ihm obliegenden Rechnungen erleichtert wird, verdienen die größte Beachtung und das Bedürfniß nach solchen Erleichterungsmitteln hat jene Fluth von Tabellensammlungen hervorgerufen, unter welcher es nachgerade schwer wird, die zweckmäßigste herauszusuchen. Sonne's Rechenscheibe ist mit zu den empfehlenswerthesten Hilfsmitteln dieser Art zu rechnen. Wer den Rechenschieber kennt, kann sich von dieser Scheibe leicht eine Vorstellung machen, indem sie aus einer feststehenden Scheibe mit logarithmischer Theilung am Umfange und aus einem an dieser Theilung hinstreichenden beweglichen Ringe mit derselben logarithmischen Scala aller Zahlen von 1 bis 10 besteht. Die Theilung erstreckt sich bei dem großen Exemplare, dessen Theilkreis 126 Millimeter Durchmesser besitzt, zwischen 1 und 2 auf Hundertel, zwischen 2 und 5 auf Funfzigstel, zwischen 5 und 10 auf Zehntel, und es ist einleuchtend, daß man bei dem angegebenen ansehnlichen Umfange der Scala sehr gut Unterabtheilungen abschätzen kann. Zur Erleichterung des Ablesens dient ein Zeiger, welcher als ein weiterer Vorzug dieser Rechenscheibe gegenüber dem gewöhnlichen Rechenschieber bezeichnet werden muß, ein weit größerer und in die Augen fallenderer Vorzug liegt aber in der weit größeren Länge der Scala, wogegen hier allerdings die am unteren Rande der Rechenschieber angebrachte, zur Quadrirung und Radicirung dienende zweite Scala, sowie die Scalen der goniometrischen Functionen fehlen. Hiernach ist Sonne's Rechenscheibe blos zum Ausführen der Multiplicationen und Divisionen eingerichtet, das Ausziehen der Quadratwurzeln läßt sich jedoch auch noch bequem genug ausführen. Dagegen fehlt jede Vorrichtung zum Ausziehen der cubischen Wurzel, was allerdings als ein Mangel bezeichnet werden muß, da diese Operation dem Constructeur und Ingenieur gerade sehr oft vorkommt. Wir glauben, daß demselben am Einfachsten dadurch abzuhelfen wäre, wenn zu der Rechenscheibe noch ein am Umfange in 100 gleiche Theile getheilter Ring hinzugefügt oder eine solche Theilung in dem mittleren freien Raume der Scheibe angebracht und der Zeiger so eingerichtet würde, daß er auch zum Ablesen auf dieser Theilung zu benutzen wäre. Wollte man dann zu einer Zahl die cubische Wurzel finden, so würde man den ihr zugehörigen Logarithmus auf diesem Ringe ablesen und im Kopfe durch 3 dividiren müssen, hierauf aber die gesuchte Wurzel finden, wenn man den Zeiger nach diesem Quotienten einstellte und in der logarithmischen Scala abläse. Das an den größeren Rechenscheiben angebrachte Zählwerk ist zwar sinnreich, dürfte aber zu entbehren sein, wogegen es zu bedauern ist, daß nicht wenigstens eine unvollkommene Scala der Sinus und Tangenten beigegeben ist, für welche auf dem Ringe Platz genug vorhanden gewesen wäre. — Man kann sehr sauber gearbeitete Exemplare der Sonne'schen Rechenscheibe durch die oben genannte mechanische Werkstatt der Herren Landsberg u. Parisius in Hannover in verschiedenem Material und von verschiedener Größe beziehen und es dürfte gewiß überraschen, wenn wir hier anführen, daß man mit der kleinsten nur 8 Centimeter großen und $^1/_2$ Thaler kostenden Rechenscheibe auf Papier mit genügender Genauigkeit Aufgaben, wie die Berechnung der einem Ueberfall entsprechenden Ausflußmenge u. dergl. ausführen kann. Eine bequeme mittlere Größe haben die Rechenscheiben Nr. 6 des Preisverzeichnisses, deren Theilkreisdurchmesser ca. 82 Millimeter mißt und ebenso eingetheilt ist, wie derjenige der großen Rechenscheibe.

Correspondenz.

Geehrter Herr Redacteur!

Mit Bezug auf den sehr schätzbaren Artikel des Herrn Ritters von Grimburg, XI. Band, 4. Heft, erlaube ich mir, Sie zu bitten, in Ihrer geschätzten Zeitschrift zwei thatsächliche Mittheilungen zu verbreiten, welche ich schon früher veröffentlicht habe, und welche durch die streng wissenschaftlichen Versuche des Herrn Dufour erst in ihrem wahren Lichte erscheinen. Die erste betrifft einen Versuch des Herrn geheimen Hofraths Ritter von Eisenlohr in Karlsruhe, über welchen in meiner „Theorie der Dampfmaschinen," Freiberg 1861, Seite 170 folgende Worte enhalten sind:

„Die Gefahr der Explosion ist (bei Kesseln mit niederem Druck) „etwas geringer. Doch dürften Explosionen wohl sehr selten durch „zu hohe Dampfspannung, sondern vielmehr durch plötzliche Dampf„bildung veranlaßt werden, in Folge eines dynamischen Vorgangs „(Erschütterung, Ventilöffnen und dergl.) bei Gegenwart ausge„kochten luftfreien Wassers, welches in allen seinen Molecülen „gleichmäßig zur Dampfbildung disponirt ist. (Nach einem Versuch „Hofrath Eisenlohr's in Karlsruhe, explodirt ein in ein Haar„röhrchen endender Glaskolben, wenn in demselben vollkommen aus„gekochtes Wasser vom kalten Zustand aus bei voller Ruhe erhitzt „wird, indem die Dampfbildung bei vielen Molecülen zugleich er„folgt, und nicht durch Vermittlung von Luftblasen eine successive „Dampfentwicklung bewerkstelligt wird.)"

Ich habe die Ansicht, daß die Gefahr in dem ausgekochten Zustand des Wassers liegt, seit dem Jahr 1858, wo ich Eisenlohr's Versuch in dessen Vorlesung erfuhr, bei jeder Gelegenheit zu verbreiten gesucht, und seit dem Jahre 1859 meinen Zuhörern vorgetragen.

Die zweite Mittheilung ist in dem Notizblatt des technischen Vereins zu Riga vom Jahr 1863, Nr. 10, Seite 94 enthalten, das ich im Original beizulegen mich beehre. Sie lautet:

Explosion durch spontane Dampfentwickelung.

„Im Notizblatt Nr. 3 dieses Jahrganges wurde die Möglichkeit von Dampfkesselexplosionen durch stoßweise, sogenannte spontane Dampfentwicklung angezweifelt. Ich erlaube mir daher einen bezüglichen, sehr eclatanten Laboratoriumsversuch mitzutheilen, den ich kürzlich unabsichtlich selbst anstellte. Herr Director Dr. Nauck machte in seinen Vorlesungen über Physik*), bei welchen ich Zuhörer bin, den folgenden Versuch, durch welchen nachgewiesen wurde, daß Dämpfe immer diejenige Spannung besitzen, welche dem Minimum der im Dampfraum vorkommenden Temperatur entsprechen. Zwei Glaskolben, A und B, von welchen A Wasser enthielt, waren verkorkt und durch ein doppelt abgebogenes bis unter den Kork reichendes Glasrohr C mit einander verbunden. Dieses Rohr C war mittelst Drähten an das darüber befindliche Gasrohr aufgehangen. Von dem Kork des Kolbens B ging ein zweites Glasrohr D ab, welches sich in einen 36 Zoll langen Schenkel E abwärts bog, der in ein Gefäß F tauchte. Beim Erhitzen und späteren Kochen des Wassers in A gingen Anfangs die Luftblasen, später die Dampfblasen bei E heraus und entwichen durch das Gefäß F, in welches nach eingetretener Dampfentwicklung Quecksilber gegossen wurde. Herr Nauck beseitigte hierauf die Flamme unter A und umgab den Kolben B mit einem kaltes Wasser enthaltenden Gefäß G. Hiedurch erfolgte in dem Condensator B eine rasche Condensation, in A fand heftige Aufwallung statt, und der unter der verminderten Temperatur in A entstehende und in B sich wieder condensirende Dampf hatte eine geringe Spannung, was sich dadurch zeigte, daß das Quecksilber in dem Rohr E bis auf einige Zoll unter dem Barometerstand aufstieg. Dr. Nauck bemerkte auch, daß man nicht wagen dürfe, im Kolben A gleichzeitig die Erhitzung fortzusetzen, indem man sonst zehn gegen eins wetten könnte, daß eine Explosion erfolgt, und er entfernte auch das Wassergefäß G, sobald als durch das angestiegene Quecksilber der geringe Druck des Dampfes im Condensator constatirt war. Nun blieb der Apparat eine volle Stunde lang kalt stehen. Die oberflächliche Verdunstung in A und Condensation in B bewirkte eine Erhöhung der Temperatur in B, also eine Erhöhung der Spannung, und das Quecksilber in E sank daher langsam auf etwa 12 Zoll über das Niveau in F. Nach Beendigung der Vorlesung wollte ich sehen, ob man denn jetzt auch noch das Wasser in A durch Abkühlung des Condensators B zum Kochen bringen könne, und hob daher das Wassergefäß G wieder in die Höhe Das Quecksilber stieg durch die Condensation in B ganz langsam auf, ohne daß in A eine Dampfentwicklung bemerkbar war.

Mit einem Male wurde der Apparat aus den Aufhängehaken geworfen, und ruhte, ohne gebrochen zu sein, auf dem Rand des Wassergefäßes G, das ich in den Händen hielt, und etwa ein Eßlöffel von Quecksilber befand sich in dem Condensatorkolben B. Augenscheinlich fand daher die Dampfbildung in A nicht sogleich bei vermindertem Druck statt, sondern es stellte sich unter der in vollkommener Ruhe befindlichen Flüssigkeitshaut ein bedeutender Ueberdruck her, der endlich hinreichte, um ein beträchtliches Stück der Flüssigkeitshaut loszubrechen, und mit großer Vehemenz in den Dampfraum zu schleudern. Der Stoß hob den Apparat aus den Haken, glücklicher Weise ohne ihn zu zertrümmern. Gleichzeitig gab das Quecksilber dem Stoß nach und wurde vermuthlich ganz in das Gefäß F hinein getrieben. Hierauf machte sich der äußere Luftdruck wieder geltend, und schleuderte eine Portion Quecksilber auf die ganze Höhe von 36 Zoll.

Hieraus ergiebt sich 1stens wie sehr es gefährlich ist, in einem Kessel luftfreies, ausgekochtes Wasser zu haben, und 2tens, daß die Mittel, eine Kesselexplosion zu vermeiden darin bestehen müssen, die Dampfbildung auf unregelmäßig vertheilte Molecüle zu localisiren, entweder durch die aus dem Wasser aufsteigenden Luftblasen, oder durch Bündeln spitziger Körper (Vorschlag von Dr. Nauck) oder durch mechanische Bewegung und Störung der Flüssigkeitshaut, mittelst eines Flügelrades, wie dies, dem Vernehmen nach, auf Oesterreichischen Locomotiven versucht wurde."

Genehmigen Sie, Herr Redacteur, die Versicherung meiner vorzüglichen Hachachtung.

Prag, am 10. Juli 1865.

Gustav Schmidt,

Professor des Maschinenbaues am polytechnischen Landesinstitut in Prag.

*) Am polytechnischen Landesinstitut zu Riga 1862/3.

Erklärung.

Nicht gewohnt, in einer technischen Zeitschrift einen Prinzipienstreit zum Austrag zu bringen, und weil ohnehin Derjenige, der meine Schmierbüchse und die Tendenz des Herrn Volkmar kennt, über die Wahrhaftigkeit meiner in Nr. 3 d. Zeitsch. gegebenen Erklärung nicht im Zweifel sein kann, entspreche ich gern dem Wunsche der verehrlichen Redaction und sehe von einer Erwiderung auf jene in Nr. 4 d. Bl. ab, muß jedoch dieselbe als eine den wahren Sachverhalt gänzlich entstellende erklären.

Zürich, den 19. Juli 1865. **Krauß.**

Wir glauben nur dieser allgemein gehaltenen Erklärung noch den Raum in d. Bl. gestatten zu können und erachten nunmehr diese Angelegenheit in unserm Blatte für definitiv abgeschlossen. D. Red.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem elften Bande des

Civilingenieur.

№ 6.

Literatur.

Ausgeführte Constructionen des Ingenieurs von M. Becker, Baurath bei Großherzogl. Ober-Direction des Wasser- und Straßenbaues, vorm. Prof. an der Ingenieurschule des Polytechnikums zu Carlsruhe. Fünftes Heft. Mit Atlas von 12 gravirten Tafeln in Folio. Die neue Eisenbahnschiffbrücke über den Rhein bei Maxau, Linie Carlsruhe-Winden, ausgeführt von der Direction der pfälzischen Bahnen nach dem Entwurfe und der Begründung ihres Oberingenieurs C. Basler. Stuttgart, Verlagsbuchhandlung von Carl Mäcken. 1865.

Die Anwendung von Schiffbrücken zur Ueberführung von Eisenbahnen über Flüsse ist bis jetzt noch nirgends versucht worden und es wird daher die in dem vorliegenden 5. Hefte der Becker'schen „ausgeführten Constructionen" dargestellte Eisenbahnschiffbrücke bei Maxau ohne Zweifel großes Interesse erwecken. Dieses Bauwerk ist in der schon aus den früheren Lieferungen dieses Werkes bekannten vorzüglichen Weise durch detaillirte Zeichnungen vorgeführt und der Text verbreitet sich sowohl über die Entstehung und Feststellung des Projectes, als über die Berechnung desselben, die Baukosten, die Vorgänge beim Bau und die Probefahrten, giebt auch die Bedingnißhefte und eine Vergleichung mit den Kosten einer festen eisernen Brücke. Sind nun auch noch weitere Erfahrungen mit dieser neuen Art von Eisenbahnbrücken abzuwarten, so findet doch der Ingenieur in der ausführlichen Darstellung dieses Werkes eine Menge der lehrreichsten Untersuchungen und praktisch werthvoller Notizen, sodaß sich dieses Heft recht würdig an seine Vorgänger anreiht.

Die Formen der Walzkunst und das Façoneisen, seine Geschichte, Benutzung und Fabrikation für die Praxis der gesammten Eisenbranche, dargestellt von Eduard Mäurer, Ingenieur. Nebst Atlas in drei Lieferungen, enthaltend im Ganzen 60 Tafeln mit 6 Walzenzeichnungen und einer Sammlung der neuesten Façoneisenprofile des In- und Auslandes in natürlicher Größe, mit besonderer Berücksichtigung der rheinisch-westphälischen Formen, nebst Angabe ihres Gewichtes und der Fabrikationsorte. Stuttgart, Verlagsbuchhandlung von Carl Mäcken. 1865.

Von diesem Werke liegt die erste Lieferung vor, welche Historisches über die Walzwerke und deren Einfluß auf die rheinisch-westphälische Industrie, und hierauf zahlreiche Formen von Gruben- und Hilfsschienen, Radbandagen, Speichen- und Lascheneisen, und Winkeleisen mit historischen Notizen und Beschreibungen verschiedener schmalspuriger Transportbahnen, Bemerkungen über Zugkraft und Schienenaufwand, Constructionsverhältnisse und Anwendung der Winkeleisen u. dergl. mehr bietet und von einem Atlas mit 23 Tafeln begleitet ist. Ein derartiges Sammelwerk, welches mehrfach schon gewünscht und vermißt worden ist, gewährt einen Ueberblick über die Façoneisensorten, welche man gegenwärtig von den Walzwerken beziehen kann, und da zugleich die Gewichte angegeben sind, so wird es dem Constructeur, Lieferanten, Eisenbahntechniker, Bergingenieur u. s. w. ein willkommenes Nachschlagebuch sein, gewiß auch dazu beitragen, die Zahl der Walzenformen zu vermindern und einheitliche Profile herbeizuführen. Die historischen Notizen und die Angaben über Benutzung des Façoneisens sind sehr interessant und lehrreich und ebenso werden die statistischen Uebersichten mit Beifall aufgenommen werden.

Der Constructeur. Ein Handbuch zum Gebrauch beim Maschinen-Entwerfen für Maschinen- und Bau-Ingenieure, Fabrikanten und technische Lehranstalten. Von F. Reulaux, Professor am Königl. Gewerbe-Institute in Berlin, Mitglied der Königl. technischen Deputation für Gewerbe, correspondirendes Mitglied des Vereins deutscher Ingenieure und des schwedischen Gewerbevereins u. s. w. Zweite, sorgsam durchgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 485 in den Text eingedruckten Holzstichen. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn. 1865.

Wenn „der Constructeur" schon bei seinem ersten Erscheinen des allgemeinsten Beifalls theilhaftig geworden ist, so wird die zweite Auflage, die wir hier zu besprechen haben, dies in noch höherem Maaße erfahren. Sie ist in der That ein vortreffliches „zu lebendigem selbständigen Schaffen anregendes", in hohem Grade Formsinn und Geschmack bildendes Buch und durch wichtige Zusätze bei der Festigkeit, durch Anwendung der überaus eleganten und praktischen graphostatischen Methode bei den Axen und Kurbeln, durch Vermehrung der Vorlagen bei den Lagern und Lagerstühlen, Röhrenverbänden, Kolben, Ketten u. s. w., durch Zusätze bei den Räderwerken, Riementrieben und besonders bei den Drahtseiltrieben wesentlich bereichert. Der zahlreichen anderweiten Verbesserungen können wir nicht gedenken, heben aber noch-

mals als den wichtigsten Vorzug dieser neuen Auflage hervor, daß sie an Stelle schwülstiger Rechnungen bei der Bestimmung der Axendimensionen u. s. w. ein einfaches graphisches Verfahren einführt, welches wenigstens in dieser Ausdehnung noch nirgends angewendet worden ist, und empfehlen schon aus diesem Grunde dringend die Benutzung dieses Werkes.

Das Traciren von Eisenbahnen in vier Beispielen und einem Anhange von Wilhelm Heyne, Ingenieur der k. k. priv. Theißeisenbahn. Mit Atlas, enthaltend 11 gravirte Tafeln in gr. Folio. Hermannstadt. Im Selbstverlag des Verfassers. — Gedruckt bei S. Filtsch. 1865.

Es mag für den ersten Augenblick überraschen, daß der Herr Verfasser nach obigem Titel eine Anleitung zum Traciren durch Vorführung von vier Beispielen geben zu können glaubt, indessen wollen wir zur Berichtigung bemerken, daß das vorliegende Buch weit mehr enthält, als der Titel besagt. Uebrigens dürfte es überhaupt für eine Anleitung zum Traciren nicht genügend sein, wenn man darin bloße Prinzipien aufstellen wollte; Beispiele werden immer nöthig sein, um die Anwendung der Prinzipien zu lehren, und somit glauben wir, die hier besprochene Anleitung Anfängern und ungeübteren Ingenieuren mit gutem Gewissen empfehlen zu können. Was die Beispiele anlangt, so betreffen sie eine Bahn in der Ebene, eine Linie in einem offenen Thale, ohne Entwickelung bestimmter Gefälle, und die Tracirung einer Gebirgsbahn, welche eine Wasserscheide überschreitet. Der letzte Abschnitt handelt von der Vorerhebung und Ausmittelung der günstigsten Richtung zwischen zwei gegebenen Orten. Wenn wir sagten, daß dieses Buch mehr enthalte, als der Titel verspricht, so beziehen wir uns hierbei darauf, daß unter Anderm sich im ersten Abschnitte eine allgemeine Anleitung über das Abstecken der Curven und die Berechnung der Fehlergrenzen jeder Methode, im dritten Abschnitte eine interessante Untersuchung über den Einfluß der Frequenz und der Steigungsverhältnisse auf die Betriebskosten, im Anhange Tabellen über Erdberechnungen u. dergl. vorfinden, daß überhaupt neben der Bezugnahme auf die speciellen Beispiele fortwährend allgemein giltige Regeln und Anweisungen ertheilt werden.

Lehrbuch der technischen Mechanik von August Ritter, Dr. phil., Lehrer an der polytechnischen Schule zu Hannover. Drittes Heft. Mit 279 Holzschnitten. Hannover. Carl Rümpler. 1865.

Mit diesem Hefte wird das „Lehrbuch der technischen Mechanik" geschlossen, welches einen elegant ausgestatteten, 45 Bogen starken Band mit 726 Holzstichen bildet. Das dritte Heft enthält die Statik und Dynamik der elastischen und flüssigen Körper, bringt also die Festigkeitslehre und die Berechnung von Dach- und Brücken-Constructionen, die mechanische Arbeit der Elasticitätswiderstände, die Theorie des Stoßes und des relativen Gleichgewichtes elastischer Körper, die Gesetze des hydrostatischen Druckes, des Auftriebes und der Stabilität schwimmender Körper, die Gesetze des Gleichgewichtes gasförmiger Flüssigkeiten, wobei die Prinzipien der mechanischen Wärmetheorie, sowie die Theorie der Manometer und Barometer mit vorgetragen wird, die Lehre vom relativen Gleichgewicht der Flüssigkeiten, vom Ausfluß, der Reaction und Stoßwirkung des Wasserstrahles und ein Capitel über die Bewegung der Flüssigkeiten in Röhrenleitungen und Canälen, über Stauhöhe und Stauweite, sowie über den Widerstand der Flüssigkeiten gegen bewegte Körper. Mit besonderer Ausführlichkeit und Anschaulichkeit ist die Festigkeitslehre behandelt, doch ist auch die Hydraulik mit befriedigender Ausführlichkeit und mit steter Hinweisung auf praktische Beispiele vorgetragen. Ritter's Lehrbuch der technischen Mechanik gehört daher ohne Zweifel zu den vorzüglichsten Lehrbüchern für Schulen und zum Selbstunterricht, da es neben einer streng wissenschaftlichen Behandlung auch durch zahlreiche, dem Bau- und Maschinenwesen entlehnte Beispiele das Interesse der Lernenden zu wecken und die praktische Bedeutung der vorgetragenen Lehren in's gehörige Licht zu setzen versteht.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XIV, 1864, Heft 7 bis 12. (Schluß.)

Quassowsky, über Schaalenguß- und Gußstahl-Herzstücke. — Die Weichen sind zwar vielfach verbessert worden, bleiben aber immer noch der gefährlichste Punkt in der Construction des Eisenbahnoberbaues, da sie die häufigste Ursache der Entgleisungen sind; daher wären Signalvorrichtungen wünschenswerth, welche anzeigten, wenn die Weiche nicht vollständig geschlossen ist. Die Herzstücken haben größere Fortschritte gemacht, seitdem sie in Schaalenguß geliefert werden. Ueber Gruson'sche Herzstücke wird angeführt, daß im Oktober 1861 auf dem Saarbrückener Bahnhofe deren 12 verlegt wurden, welche 1012 bis 1237 Pfund wogen und $6^3/_4$ Thlr. pro 100 Pfd. kosteten, und sich noch in vollkommen brauchbarem Zustande befinden, ob sie gleich täglich ca. 100mal von den schwersten, bis zu 950 Ctr. wiegenden Gütermaschinen und von ca. 200 vierrädrigen Wagen mit 40000 Ctr. Ladung (Kohlen) befahren werden. Herzstücken aus Schienen mit Stahlspitzen dauerten daselbst gewöhnlich nur 3 bis 4 Monate. In Verfolg dieser guten Erfahrungen wurden im J. 1863 auf dem Wege der Concurrenz 50 Stück symmetrische Gußstahl-Herzstücken auf Unterlagsplatten zum Preise von $91^1/_6$ und $92^1/_5$ Thlr. pro Stück incl. Platte beim Bochumer Gußstahl-Verein, 50 Stück Schaalenguß-Herzstücken zum Preise von $51^1/_6$, resp. $60^2/_3$ Thlr. pro Stück bei der Cölnischen Maschinenfabrik und 20 dergl. zum Preise von 50 Thlr. für die Rhein-Nahebahn bei Röhrig & Fehland in Braunschweig bestellt, welche entsprechend Curvenradien von 800 und 600' nach dem Verhältniß von $^1/_{11}$ und $^1/_9$ und mit $^1/_{20}$ Neigung der Lauffläche construirt waren. Von den Herzstücken der letztgenannten Fabrik wurden bereits 1 Stück, von denen der Cölnischen Maschinenfabrik 1 Stück und von denen des Bochumer Vereins 1 Stück wegen Beschädigung der Spitze oder Bruches ausgewechselt, und in Betreff der Gußstahl-Herzstücken ist im Allgemeinen zu bemerken, daß sie für schwere Maschinen nicht kräftig genug

gebaut sind, daß die symmetrische Form derselben eben so unzweckmäßig erscheint, als die symmetrische Form der Schienen. Die Hartguß-Herzstücken bewähren sich gut, stehen aber den Gruson'schen, von denen eine Zeichnung mitgetheilt wird, an Güte nach. Das Arbeitslohn bei der Auswechselung kostet bei den Gußstahl-Herzstücken 8 Thlr. 19 Sgr. 3 Pf., bei den Schaalenguß-Herzstücken 7 Thlr. 13 Sgr. — Pf. und die Gesammtkosten belaufen sich bei Letzteren auf 67 Thlr. 2 Sgr. — Pf., oder nach Abzug des Werthes des alten Gußeisens auf 54 Thlr. 2 Sgr. — Pf., während ein gewöhnliches Herzstück 59 Thlr. 2 Sgr. 6 Pf. und nach Abzug des Werthes der alten Schienen 44 Thlr. 19 Sgr. 7 Pf. zu stehen kommt. Die Schaalenguß-Herzstücken dürfen nicht aus zu hartem Eisen hergestellt werden; die Probestäbe dürfen nicht über 50000 Pfd. absolute Festigkeit pro Quadratzoll zeigen; der Guß der Lauffläche muß ganz blasenfrei und glatt sein; das Verlegen muß mit großer Sorgfalt geschehen, namentlich darf keine Spur-Erweiterung stattfinden und die Weite der Spurrinne $1^{5}/_{6}$ Zoll nicht überschreiten.

Wöhler, über Locomotivbau. — Bei ungekuppelten Maschinen hat sich das System der Triebaxe in der Mitte und der Hinteraxe hinter der Feuerbüchse bei In- und Outside-Cylindern bewährt. Bei zwei gekuppelten Axen dürfen unbedenklich alle Axen vor die Feuerbüchse gelegt werden, wenn dabei die Regel $c = a \frac{l^2}{L}$ (wo c die zulässige Geschwindigkeit, l den Radstand und L die totale Länge des Kessels, a aber einen Erfahrungscoefficienten = 1 bis 1,2 bedeutet) beobachtet wird. Das Verhältniß zwischen der Länge der Rauchröhren und der Feuerkiste scheint ziemlich gleichgiltig, die Zugerzeugung durch das Blasrohr nur mit unwesentlichem Kraftverlust verbunden zu sein. Ein Vortheil der langsameren oder rascheren Verbrennung ist nicht nachzuweisen. Auf 1 Quadratfuß Dampfentwickelungsfläche sind passend 10 Cubikzoll Inhalt (in beiden Cylindern zusammen) zu rechnen. Die Axlager liegen am besten außerhalb der Räder, was auch bei Outside-Locomotiven möglich ist, deren Cylinder aber kräftig unter sich zu verstreben sind, um der Verschiebung der Hauptrahmen vorzubeugen. Ob das Mitschleppen von todter Last bei unvollkommener Ausnutzung des Gewichtes der Maschine auf Adhäsion, oder ob die Abnutzung von Schienen und Radreifen, sowie der Curvenwiderstand bei den das ganze Gewicht zur Erzeugung von Adhäsion nutzbar machenden Constructionen der Locomotiven größere Ausgaben veranlasse, ist noch nicht nachgewiesen. Für die Erhaltung der Radreifen und Schienen ist bei Bahnen mit vielen Curven das amerikanische Locomotivsystem mit drehbarem Vorderschemel sehr zu empfehlen, auch kann es zweckmäßig sein, den Drehnagel weiter zurück (jedoch nie über die Hinteraxe hinaus) zu verlegen. Empfehlenswerth ist das Streben der Engländer nach Einfachheit und Leichtigkeit der Locomotiven, was sich besonders darin zeigt, daß man Alles aus einem Stück zu machen, den Gußstücken die zweckmäßigsten Formen zu geben und die Kessel und Feuerbüchsen leichter herzustellen sucht, so weit dies ohne Benachtheiligung der Sicherheit möglich ist.

Neu, über das neue Gebäude der Telegraphendirection. — Der 20' hohe Stationssaal wird durch 6 in der Mitte der Decke angebrachte Sonnenbrenner à 48 Flammen in 3 Ringen übereinander beleuchtet, deren Construction dargestellt ist, und deren Gasconsum 100 Cubikfuß pro Stunde und pro Brenner beträgt. Frische Luft strömt durch feste Glasjalousien im obern Theile der Fenster ein, zur Heizung dient ein Warmwasserapparat mit Wasseröfen, deren Heizfläche zu 1 Quadratfuß auf 78 bis 80 Cubikfuß Zimmerraum, und deren Wasserinhalt zu 1 Cubikfuß auf 8 bis 10 Quadratfuß Heizfläche bemessen ist. Der 45' hoch über der Annahmestelle liegende Apparatsaal steht mit ersterer durch eine pneumatische Depeschenbeförderung in Verbindung. Im Apparatsaale befinden sich ungefähr 250 Drahtzüge, welche zu einem klaren System verbunden sind.

Schwabe, über Entwässerung gewölbter Viaducte. — Bei der Abdeckung mit Asphaltschichten hat man die Schwierigkeit zu überwinden, einen dichten Anschluß der Letzteren mit den das Wasser abführenden gußeisernen Röhren herzustellen. Deshalb leiten die englischen Ingenieure, welche die Tilsit-Insterburger Eisenbahn bauen, die Tagewasser nach den Widerlagern ab.

Schwabe, statistische Nachrichten über die preußischen Eisenbahnen. — Am Schlusse des J. 1862 betrug die ganze Länge 811,653 Meilen, wovon 241,729 Meilen zweigeleisig waren. Anlagscapital durchschn. 516607 Thlr. pro Meile. Locomotivenzahl 1513 oder 1,89 Stück pro Meile; hierunter 944 gekuppelte Maschinen. Mittlere Heizfläche 985 Quadratfuß, oder 3,5 Quadratfuß pro Pferdekraft Leistungsfähigkeit. Mittlere Anschaffungskosten ohne Tender 14463 Thlr. oder 51,46 Thlr. pro Pferdekraft. An Nutzmeilen haben die Locomotiven 3997272 oder durchschn. 2677 Nutzmeilen durchlaufen. Auf 1 Pferdekraft kommen durchschn. 0,18 beförderte Axen und 38043 Ctr. Bruttolast auf 1 Meile befördert, excl. Locomotiv- und Tendergewicht. Durchschnittlicher Coks- und Kohlenverbrauch pro Nutzmeile = 171,68 Pfd. Zahl der Personenwagen 2359 Stück oder 2,95 pro Meile Bahn, Sitzplätze durchschn. 145,7 pro Meile Bahnlänge. Eigengewicht pro Sitzplatz durchschn. 3,6 Ctr. Zahl der Lastwagen 31339 oder 39,2 Stück pro Meile. Durchschnittl. Ladungsfähigkeit der Gepäck- und Güterwagen pro Meile Bahnlänge 5943,6 Ctr. Ladungsfähigkeit der bedeckten Güterwagen pro Axe 59,8 Ctr., der offenen Güterwagen 76,7 Ctr. Personen wurden überhaupt befördert 25928393, wovon 1,8 Proc. die erste, 16,7 Proc. die zweite, 47,9 Proc. die dritte, 31,2 die vierte Classe benutzten und 2,4 Proc. Militairs waren. Jede Person durchfuhr durchschn. 5,3 Meilen. Die ganze Nettoladung incl. Gepäck betrug 434849721 Ctr., worunter 185822435 Ctr. Kohlen und Cokes. Hiervon kommen 0,7 Proc. auf Post- und Eilgut, 9,7 Proc. auf Frachtgut der Normalklasse incl. sperriges Gut, 43,5 Proc. auf Kohlen und Cokes, 40,2 Proc. Frachtgut der ermäßigten Classe und 5,9 Proc. Dienst- und Baugut. Jeder Centner Güter hat 9,3 Meilen im Durchschnitt durchfahren. Jede bewegte Axe der Personenwagen war durchschn. mit 5,2 Personen und von den Sitzplätzen 29,4 Proc. besetzt. Bei den Güterwagen waren die Axen mit 19,7 bis 48,5 Ctr. belastet und die Nettolast betrug 32 bis 86 Procent der Maximalbelastung. Aus dem Personenverkehr incl. Ueberfracht betrugen die Einnahmen pro Meile 19040 Thlr., aus dem Güterverkehr incl. Vieh und Equipagen 40479 Thlr., an sonstigen Einnahmen im Ganzen 3279958 Thlr. Die durchschn. Einnahme sämmtlicher Bahnen pro Betriebsmeile betrug 63271 Thlr., die Ausgabe 31103 Thlr. oder 48,86 Proc. der Bruttoeinnahme. Die Reparaturkosten pro Nutzmeile bei Locomotiven und Tendern

belaufen sich im Durchschnitt auf 12,4 Sgr., die Kosten für Schmieren und Putzen auf 4,3 Sgr., zusammen 16,7 Sgr.; bei den Gepäck- und Güterwagen betragen die Reparaturkosten pro Centnermeile 0,11 Pf., die Kosten für Schmieren und Putzen 0,6 Pf. Es ergab sich im Ganzen ein Ueberschuß von 32631 Thlr. pro Meile, was 4,85 Proc. des verwendeten Anlagscapitales beträgt.

Lang, Construction eines eisernen Magazines. — Dieses geschmackvolle, helle und leichte Magazin gehört der Firma Herrmann Söhne in Carlsruhe und ist aus Güß- und Walzeisen mit Oberlichtern aus Doppelglas und Zinkdach construirt.

Buchterkirch, Unterfahrung der beiden innern Pfeiler der St. Nikolai-Kirche zu Greifenhagen a. O. — Lehrreiches Beispiel für ähnliche schwierige Reparaturen.

Gitterbrücke mit Röhrenpfeilern bei Argenteuil. — Mittelst dieser Brücke überschreitet die Paris-Diepper Eisenbahn die Seine mit drei Oeffnungen à 40 und zwei Oeffnungen à 30 Meter Spannung. Die Röhrenpfeiler bestehen aus zwei gußeisernen mit Beton ausgefüllten Säulen von 3,6 Met. Stärke unter Wasser und 3,2 Met. Stärke über Wasser, welche aus Ringen von 1 Met. Höhe und 38 bis 50 Millimeter Wandstärke zusammengesetzt sind und in 8,8 Met. Axenentfernung von einander stehend durch zwei 2,45 Met. hohe gußeiserne Kreuze verbunden sind. Beim Versenken der Röhren bediente man sich einer Arbeitskammer, welche durch ein im Innern der Röhre auf der obern Flansche des untersten Ringes aufgeschraubtes, 2 Meter hohes conisches Gußstück gebildet wurde, welches am Umfange abgedichtet war und oben in ein 1,1 Met. weites Rohr endigte. Mit dem Fortschreiten des Hinablassens setzte man neue Ringstücke auf und füllte mit Beton aus, in welchem mittelst einer leichten Zimmerung ein 1,1 Met. weiter Schacht ausgespart wurde. Als das Flußbette erreicht war, setzte man so lange Ringe auf und schüttete so lange Beton ein, bis das Gewicht groß genug war, um das Eindringen der Röhre in den Boden zu bewirken, worauf die Luftschleuse aufgesetzt und mit comprimirter Luft weiter gearbeitet wurde. Der im Beton ausgesparte Schacht diente zur Fahrung und Förderung. Zur Ausfüllung des Arbeitsraumes und Schachtes setzte man zwölf 8 Centim. weite und 2 Met. lange Röhren ein, um beim Einfüllen des Betons comprimirte Luft durch dieselben eintreiben und das Wasser abdämmen zu können, und füllte diese Röhren dann mit Cement, gab auch im Arbeitsraume auf den Beton einige schwache Cementlagen zur Abdichtung; der Schacht wurde erst ausgefüllt, nachdem man dem Beton in der Arbeitskammer 24 Stunden lang Zeit gegeben hatte, unter dem Luftdrucke zu erhärten, und nachdem die Auszimmerung entfernt war. In dem theilweise thonigen Boden setzte sich die Schneide der Säulen mitunter fest, es gelang aber, sie dadurch loszumachen, daß man eine vom Boden der Röhre bis in die freie Luft reichende Röhre einsteckte, dann den Hahn der Röhre öffnete und durch das dabei mit Gewalt eindringende Grundwasser den Thon auflöste. Die beschriebene Methode hat den Vorzug, daß der Schwerpunkt der Säule tief liegt, also kein großes Bestreben zum Abweichen von der Lothlinie stattfindet, und daß der Beton größtentheils an freier Luft eingebracht werden kann. Man senkte die Röhre durchschnittlich um 1 Meter in 24 Stunden, wobei sich drei Arbeitercolonnen von 5 Mann nach achtstündigem Ruhen aller 4 Stunden ablösten. Die Luftschleuße bestand aus einem ringförmigen Cylinderraum, welcher die mit dem Schachte und der Luftpumpe communicirende Röhre umgab. Dieser Raum war durch eine Scheidewand in zwei Hälften getheilt, welche unabhängig von einander mit der äußern Luft oder dem innern Cylinderraume verbunden und daher abwechselnd zur Aufnahme der ausgeförderten Erdmassen benutzt werden konnten. Die Einsenkung kostete pro Meter 700 Francs (vom niedrigsten Wasserspiegel an gerechnet), das Betonschütten in comprimirter Luft 15, in freier Luft 3,5 Fr. pro Cubikmeter, der Beton 30,15 bis 33,1 Francs.

Gründung der Eisenbahnbrücke über den Jumnafluß bei Allahabad in Ostindien. — Für die Beschaffenheit des Baugrundes wären bei dieser Brücke eiserne Cylinder mit comprimirter Luft sehr passend gewesen, konnten aber wegen der Schwierigkeiten der Beschaffung nicht angewendet werden. Man benutzte daher eine schon seit Jahrhunderten in Ostindien bei Anlage von Brunnen übliche Methode, nämlich die Gründung auf aus Ziegeln gemauerten Brunnenschächten, welche sich in d. Bl. auf S. 26 beschrieben findet.

Roth, über Eiskelleranlagen. — Beschreibung der großen Eiskeller im Bois de Boulogne.

Wagner, über Dockanlagen. — Zur Reparatur der unteren Seite kleiner ausgeladener Schiffe kann zur Noth noch das Kielholen statthaft sein, für andere Fälle sind sogenannte Dockanlagen unentbehrlich. Die einfachsten sind die Grubentrockendocks, in welche die Schiffe einfahren können und dann, wenn die Gruben trocken sind, von allen Seiten zugänglich sind. Derartige Docks haben das Bedenkliche, daß die Schiffe bei ungeschickter Absteifung beschädigt werden können, und daß sie nur schwierig und mit ansehnlichen Kosten trocken zu legen sind, weshalb sie sich nur an solchen Localitäten empfehlen dürften, wo der Niveauunterschied zwischen Fluth und Ebbe ein bedeutender ist und die Bedingungen zur Herstellung dichter Bassins gegeben sind. Zweckmäßiger erscheint noch die Methode, die Schiffe mittelst Winden auf den Helling hinaufzuziehen, wo sie dann von allen Seiten frei und unter günstigster Beleuchtung reparirt werden können. Indessen hat diese Methode den Mangel, daß sie sehr lange, also mit dem Fuße tief niederreichende und sehr sorgfältig hergestellte schiefe Ebenen zum Heraufziehen, sowie ruhiges und klares Wasser zur Befestigung der Schiffe auf den Wiegen voraussetzt, und um wenigstens letztere Operation zu erleichtern, richtete man den Vorhelling behufs der Trockenlegung dockartig ein, wodurch die vereinigten Slips- und Trockendocks entstanden. Wegen der hierdurch entstehenden Complicirtheit dürften derartige Docks auch nur da mit Vortheil anwendbar sein, wo man bequem Trockendocks anlegen kann. Eine weitere Ausbildung der Idee der Aufzughellinge sind die Schraubendocks, bei denen die Schiffe auf einer an Ketten hängenden versenkten Plattform mittelst Schrauben oder hydraulischen Pressen in die Höhe gewunden und in Ketten hängend erhalten wurden. Der Uebelstand, daß während der Dauer der Reparatur eines Schiffes dieser Apparat nicht weiter benutzt werden konnte, wurde dann in der Art beseitigt, daß an Stelle der Plattform ein schwimmender Ponton angewendet wurde, der sich mit dem Schiffe fortfahren ließ. Diese Einrichtung besitzen die Clark'schen Docks in den Victoria-Docks zu London; sie bedürfen aber ein wenigstens $1\frac{1}{2}$ mal so tiefes Bassin, als der größte Tiefgang des Schiffes, müssen wegen der

unvollkommenen Absteifung der Schiffe gegen Winde geschützt liegen und haben eine ziemlich complicirte Maschinerie, die mancherlei Reparaturen befürchten läßt. Rationeller ist noch das schwimmende Trockendock eingerichtet, bei welchem ein Schiff dadurch trocken gelegt wird, daß es auf einem versenkten Ponton oder Schiffe befestigt und Letzteres durch Auspumpen geleert wird. Ein für die preußische Marine bestimmtes derartiges Dock wird 246' lang, 80' breit, im Lichten 64' weit mit 22' hohen Seitenkästen, die zugleich mit zur Absteifung dienen, und einem 8' hohen Bodenponton.

Grund, über Nadelwehre. — Nadelwehre sind wegen des großen, 50 Procent betragenden Wasserverlustes zur Herstellung einer wasserdichten Anstauung nicht geeignet.

Grund, über Betonfangdämme. — Wo der Grund gleichmäßig ist, reichen Spundwände zum Abschluß der Baugruben aus, dagegen sind bei ungleichem Grunde und sehr starker Strömung, oder bei grobem Kies Betonfangdämme zu empfehlen.

Schwabe, über das Verhalten der Gußstahlscheibenräder auf Eisenbahnen. — Aus den Ergebnissen mit mehr als 3000 Stück auf den preußischen Eisenbahnen laufenden Gußstahlscheibenrädern, welche pro Stück 5,75 bis 6,3 Ctr. wiegen, lassen sich immer noch nicht entschiedene Folgerungen über ihren Werth gegenüber anderen Radconstructionen ziehen, jedoch ergiebt sich, daß ihre Anwendung unter Bremsen auf Bahnen mit starken Steigungen nicht unbedenklich ist, während sie bei andern Wagen den Vorzug zu verdienen scheinen, indem sie sicherer und billiger sind, als Räder mit besonders aufgezogenen Bandagen. Bei nicht gebremsten Rädern empfehlen sich die Hartgußräder.

Althans, über die Kettenschleppschifffahrt auf der Seine. — Die Maschine der Schleppdampfer hat zwei 45 Cent. weite liegende Cylinder mit 70 Cent. Kolbenhub, arbeitet mit Dampf von 5 bis 6 Atmosphären Spannung und leistet bei 50 Umdrehungen der Kurbelaxe 50 Pferde. Die Transmission ist eine doppelte und so zu stellen, daß bei der Bergfahrt das Verhältniß 3 : 1, bei der Thalfahrt das Verhältniß 3 : 2 stattfindet, was einer Kettengeschwindigkeit von 4, resp. 8 Kilometern pro Stunde entspricht. Die Kette hat 25 Millim. Eisenstärke und wird jährlich zu $^1/_{12}$ erneuert; sie wickelt auf zwei am Deck nebeneinanderliegenden Walzen auf, an deren Axen auch die Triebräder sitzen. Die äußersten Lager der Kettenwalzenwellen sind beweglich und zur Seite zu schieben, damit man die Ketten rasch abnehmen oder die Zahl der Umschläge schnell verändern kann, was man thun muß, um aus der Fahrlinie, in welcher die Kette liegt, zur Seite ablenken zu können.

Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, 1864, Band VIII, Heft 11, 12.

Grashof, über die der Organisation von polytechnischen Schulen zu Grunde zu legenden Prinzipien. — Vortrag, gehalten in der siebenten Hauptversammlung des Vereines, welcher auf einstimmigen Beschluß dieser Versammlung gedruckt und an die Bezirksvereine behufs eingehender Berathung vertheilt worden ist. Eine Generalcommission aus Vertretern der einzelnen Vereine hat hierauf diesen Gegenstand noch näher erörtert und ihr Gutachten darüber veröffentlicht, welches bei der vom 4. bis 6. September d. J. in Breslau stattfindenden achten Hauptversammlung des Vereines zur Discussion und resp. Beschlußfassung gelangen wird.

Ueber Eiserzeugungsapparate. — Interessante und übersichtliche Beschreibung und Erklärung der von Lawrence, von Siebe und Carré und von Kirk angegebenen, auf dem Prinzip der Temperaturerniedrigung durch Verdampfen einer flüchtigen Flüssigkeit (Ammoniak, schweflige Säure, Methylamin und Aethylamin) oder durch Luftverdünnung beruhenden Eisbereitungsmaschinen.

Ziebarth, über die Siemens'schen Regenerativöfen. — Beschreibung eines solchen Ofens und Zurückweisung der Schinz'schen Angriffe gegen das Prinzip der Regenerativöfen, an welche sich einige Notizen über die Leistung verschiedener Glas-, Schweiß- und Stahlschmelzöfen mit Regeneratoren anschließt.

Kayser, englische Maschine zum Röhrenformen. — Diese einfache Maschine, welche sich vollkommen bewähren soll, besteht aus einer von der Decke herabhängenden, sich drehenden quadratischen Spindel, über welche ein verschiebbares Rohr derartig gesteckt ist, daß es sich mit der Spindel dreht. Das untere Ende dieses Rohres ist das Werkzeug, welches den Formsand in die aus zwei Hälften bestehende gußeiserne Form (ein Rohr) einpreßt, und besteht aus einer Art Glocke, deren Ränder mit Laufrollen besetzt sind, und welche nach unten in einem der lichten Weite des Rohres entsprechenden Kerne endigt. Die Laufrollen sind so breit, als das Rohr in der Wand stark werden soll. Der Formsand wird durch eine trichterartige Vorrichtung aufgegeben, welche ungefähr den bei Mühlen gebräuchlichen Aufgebern ähnlich ist.

Grove, über die Erscheinungen des Siedens. — Luftfreies Wasser, welches im luftleeren Raume zum Kochen gebracht wird, zeigt keine regelmäßige, sondern eine intermittirende Dampfentwickelung in regelmäßigen Pausen. Bei den Ausbrüchen giebt der condensirte Dampf kleine Gasblasen aus, welche aus Stickstoff bestehen; hieraus und aus Versuchen mit Brom, Chlorjod u. dergl. schließt der Verfasser, daß zum Sieden einer Flüssigkeit stets ein Kern eines aufgelösten Gases vorhanden sein, resp. eine Zersetzung stattfinden müsse.

Hammer, über Gewinnung der Steinkohle mit Maschinen. — Beschreibung der Schrämmaschine von Frith & Donnisthorpe in Leeds, welche nicht nur einen höheren Stückkohlenfall, sondern auch bedeutende Ersparnisse an Gewinnungskosten und eine wesentliche Verbesserung der Grubenwetter bewirken soll.

Luftflächencondensatoren — sind nach dem Scientific American in New-York bei einer Hochdruckdampfmaschine zur Erzeugung von destillirten Speisewassern angewendet. Eine Anzahl $2^1/_2$' breiter und 7' langer Rahmen, welche mit $^1/_{36}$'' starken Eisenblechen in 2'' Abstand von einander belegt sind, nehmen die zu condensirenden Dämpfe auf und werden von außen durch einen mittelst Ventilator angesogenen Luftstrom abgekühlt. 1 Quadratfuß Oberfläche soll pro Stunde 1 Pfd. Dampf condensiren, wobei die Lufttemperatur von 15 auf 32° C. steigt.

Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1865, Band IX, Heft 1 bis 4.

Specht, über kleine schmalspurige Locomotiven. — Auf der Saarbrückener Bahn laufen dreiaxige Locomotiven aus der Carlsruher Maschinenfabrik, welche $5^1/_2$'' Kolbendurchmesser und 12'' Hub bei 2' Spurweite haben. Bei Curven von 60 Ruthen Radius und Weichen von 30 Ruthen schleppen sie auf horizontaler Bahn 60 Wagen à 15 Ctr. mit 7' Geschwindigkeit und brauchen 65 Pfd. Kohle pro Meile. Gewicht leer 70, gefüllt 90 Ctr. Preis 3000 Thlr.

Klotzbach, Kautschukdichtung für Röhrencondensatoren. — Die Röhren werden durch eine Kautschukscheibe mit engeren Löchern hindurchgesteckt und dann wird auf jede Seite dieser Scheibe eine Blechscheibe mit genügend weiten Löchern gelegt und der Kautschuk durch Zusammenziehen dieser Blechscheiben festgeklemmt.

Pütsch, über die Stellung der Civilingenieure der Privatindustrie gegenüber. —

Grashof, Theorie der Wellen. — Referat über den betreffenden Abschnitt in: Hagen, Seeufer- u. Hafenbau.

Lüders, über Berechnung der Träger. — Eine sehr ausführliche, tiefer eingehende Abhandlung über diesen Gegenstand, welche im Eingange speciell die Frage erörtert, ob bei der Berechnung der Träger die Sicherheit gegen Bruch oder diejenige gegen bleibende Formänderungen in's Auge zu fassen sei. Der Herr Verfasser kann der letzteren Methode nicht einen praktischen Vorzug zugestehen, weil einmal Mittelwerthe der Bruch- oder Tragmodeln angewendet werden müßten, hält auch die Berücksichtigung der gefährlichen Spannung für praktisch unrichtig, weil der gedehnte Theil immer der gefährlichere oder mindestens gleich gefährliche sein würde. Was die als zulässig anzusehenden Spannungen anlangt, so hält er die Reuleaux'schen Werthe für passend, und empfiehlt bei Gußeisen den Bruchmodul 20000 (in englischen Pfunden pro Quadratzoll) und bei Schmiedeeisen 10000 anzuwenden. In Bezug auf gußeiserne Träger wird eine große Zahl von Beispielen vorgeführt und kritisirt, wobei das Reuleaux'sche Normalprofil sich eben nicht auszeichnet. Als Regeln für die Construction ergeben sich, daß man die Träger so hoch wie möglich machen, dabei aber immer $^2/_5$ der ganzen Fläche für die Flanschen reserviren, und der Mittelrippe etwa $^1/_{20}$ der Höhe zur Stärke geben, die obere Flansche eben so bis $1^1/_2$ mal so stark, die untere aber 2 bis $1^1/_2$ mal so stark wie die Mittelrippe machen und sich bei der Berechnung der Tragfähigkeit eines Trägers der Formel $W = \frac{4 K_2 Z_2}{L}$ bedienen darf, in welcher der Bruchmodul K_2 bei Gußeisen $= 9$ Tons zu setzen ist, wenn die Länge L in Fußen engl. gegeben ist, und Z_2 das Elasticitätsmoment $\frac{J}{a_2}$, d. h. den Quotienten aus dem Trägheitsmoment dividirt durch den Abstand der äußersten Faser der unteren, auf Zug beanspruchten Faser, W aber die Bruchlast des in der Mitte belasteten und an beiden Enden frei aufliegenden Trägers bedeutet.

Weiß, das Verhältniß der Ersparung zur Rauchverhütung. — Wie wir bereits auf S. 59 d. Bl. referirten, ist in dem ersten Theile dieser schon im vorigen Bande begonnenen Abhandlung der Fall in's Auge gefaßt, wo eine neue Anlage mit Rauchverhütung neben einer alten Feuerung eingerichtet wird, und es ergiebt sich dabei, daß die neue Anlage ökonomischer ausfallen könne, wenn die alte Feuerung wegen ungenügenden Luftzutritts rauchte. Im vorliegenden zweiten Theile wird die Frage erörtert, ob es möglich sei, an einer bestehenden Feuerungsanlage ohne sonstige Veränderungen eine solche Vorrichtung zur Rauchverhütung anzubringen, daß eine Brennmaterialersparniß dabei erzielt werde, und es ergiebt sich dabei, daß solch ein Resultat bei Gegenstromkesseln weniger zu erwarten ist, als bei einfachen Cylinderkesseln, überhaupt aber nur dann, wenn die Rauchverhütung und absolut vollkommene Verbrennung mit weniger als der 1,5 bis 2,5fachen theoretischen Luftmenge gelänge. Es folgt nun drittens eine Kritik der sogenannten rauchverzehrenden Apparate, bei denen zweierlei zu berücksichtigen ist, nämlich ob es nicht möglich ist, durch selbstthätige Apparate und ohne eine sehr aufmerksame Bedienung das Rauchen zu verhüten, und ob dies nicht mit einer weit geringeren, als der dreifachen theoretischen Luftmenge geschehen könne. In ersterer Beziehung hat die Praxis bis jetzt verneinend entschieden, indem die bezüglichen Apparate eine so gleichmäßige Vertheilung des Brennmateriales, wie sie ein guter Heizer erzielt, nicht bewirken und noch überdies einer sorgfältigern Ueberwachung bedürfen, als gewöhnliche Herde, also ein ökonomisches Resultat nicht geben. Die zweite Frage läßt sich wegen mangelnder Kenntniß des Verbrennungsprocesses nicht beantworten, es ist auch wenig Aussicht, daß Physik und Chemie jemals dahin führen werden; ist doch selbst in Bezug auf unsere Lampen und den Bunsen'schen Brenner die richtige Stellung und Dimensionirung nur durch Probiren aufzufinden möglich. Bei den anzustellenden Versuchen sind zwei wesentliche Schwierigkeiten zu beseitigen, nämlich eine genügende Feststellung des Grades der Rauchlosigkeit und eine sichere Bestimmung des Nutzeffectes einer Feuerungsanlage. Der Herr Verfasser macht dann auf einige Umstände aufmerksam, welche man bisher unnöthigerweise bei solchen Versuchen in's Auge gefaßt hat und zwar vor allem die Größe des Rostes. Diese ist nur insofern von Wichtigkeit, als sie die Zugwirkung beeinflußt, die Aufsuchung des günstigsten Rostverhältnisses kann also nur für eine bestimmte Feuerung interessant sein; wenn auch gewisse äußerste Grenzwerthe allgemeine Giltigkeit haben dürften. Noch mehr als die Größe des Rostes im Verhältniß zur verbrannten Steinkohlenmenge ist die Dicke der Brennmaterialschicht von Einfluß und dieselbe steht nicht in Beziehung zu der stündlich verbrannten Kohlenmenge, sondern ist abhängig von der Kohlensorte, von der Menge der Luft, von der Anzahl der Chargen und von der Kohlenmenge, welche pro Quadratmeter Rost verbrannt wird. Ebenso unrichtig sind die üblichen Annahmen über die Zwischenräume zwischen den Roststäben, da der Rost mit Kohlen bedeckt ist, also die Stärke dieser Schicht Brennmaterial und die Lebhaftigkeit des Zuges maaßgebend sein werden. Unnütz sind ferner die Untersuchungen über den Rostabstand, wie in Bd. 10 d. Zeitsch. theoretisch dargethan ist und schon daraus hervorgeht, daß sämmtliche ausgestrahlte Wärme unter allen Umständen im Feuerraum verbleibt; doch dürfen auch hierbei gewisse Grenzen nicht überschritten werden. Bei den Treppenrosten wird ein Uebelstand der Planroste beseitigt, nämlich daß das frische Brennmaterial auf das glühende geworfen werden muß, wo es einer rauchbildenden Destillation unterliegt, namentlich lassen sich die Etagenroste vortheilhafter

bedienen und Vogl's Schüttelpultrost gewährt noch den Vortheil, daß keine Asche- und Schlacken-Anhäufungen möglich sind. Die Hauptaufgabe bezüglich der Erfindung eines Rauchverbrennungsapparates bleibt immer noch die, eine nicht rauchende Verbrennung mit einer Luftmenge zu erzielen, welche höchstens 2 mal so groß als die theoretische ist.

Nöggerath, der Einfluß der Berußung der Dampfkessel auf den Heizeffect. — Der Herr Verfasser hat diesen Gegenstand, den er bereits bei den im 10. Bande dies. Zeitsch. abgedruckten Versuchen berührt, noch einem specielleren Studium unterworfen und dabei gefunden, daß die Berußung des vorderen, der unmittelbaren Einwirkung des Feuers ausgesetzten Theiles der Heizfläche von geringem, diejenige der übrigen Theile dagegen von sehr nachtheiligem Einflusse auf den Heizeffect ist, und daß selbst häufige, fast tägliche Reinigungen des Kessels diesen schädlichen Einfluß nicht ganz beseitigen. Deswegen würden Vorrichtungen zur rauchlosen Verbrennung von sehr günstigem Einflusse sein, und deswegen ist der Heizeffect der hinteren Theile der Heizfläche sehr gering anzuschlagen.

Rosenkranz, ein neuer Locomotivschornstein mit Funkenfänger. — Der beschriebene Schornstein ist der im 9. Bande d. Zeitsch. beschriebene Prüsmann'sche Locomotivschornstein.

Ueber Gegenmuttern. — Eine richtige Anwendung der Gegenmuttern verlangt, daß die niedrigere Mutter unter der anderen (nicht über derselben, wie gewöhnlich) aufgesteckt werde, denn die obere Mutter hat einer größeren Kraft Widerstand zu leisten. Es übt nämlich das zu haltende Stück eine gewisse Kraft gegen die untere Mutter aus, welche sie direct auf die obere Mutter überträgt, und es entsteht außerdem noch durch das feste Anziehen der Muttern gegeneinander eine Kraft, welche dieselben von einander zu entfernen strebt. Beide Kräfte wirken vereint auf die obere Mutter, während auf die untere (die Gegenmutter) blos ihre Differenz wirkt.

Loeben, über das Schwimmen festen Eisens auf flüssigem. — Es wird ein Versuch beschrieben, bei welchem sich zeigte, daß nicht nur festes Eisen auf der Oberfläche des flüssigen schwimmt, sondern daß es auch wieder aufsteigt, wenn man es eine Zeit lang auf den Grund drückt. Auch ein mit einer ganz dünnen Lehmschicht überzogener Bleiblock schwimmt so lange auf flüssigem Blei, bis er zerfließt und die Lehmschicht durchbricht. Cementstahl und dünner Rohstahl schwimmen ebenfalls, dicker Rohstahl und gegerbter Rohstahl sinken unter, Puddelstahl desgleichen. Ein abgedrehtes gußeisernes Rohrstück und ein abgedrehter gußeiserner Cylinder schwammen und quollen auf.

Schmieren der Dampfschieber. — Dieses scheint weder bei hohem, noch bei niederem Drucke, noch bei überhitztem Dampf nöthig zu sein. Ueberhitzter Dampf verlangt überhaupt erfahrungsmäßig nicht mehr Schmiermaterial, als gesättigter.

Dampfbläser für Kesselfeuerungen — sollen auf der Grube Gerhard zu Louisenthal eine vollständigere Verbrennung, Verminderung des Rauches und der Rückstände und Erhöhung der Verdampfung bewirkt haben. Der Dampf wird durch ein mit feinen Löchern versehenes schmiedeeisernes Rohr unter den Rost geführt und wirkt wie ein Aspirator.

Leistungen eines Giffard'schen Injectors. — Durch Anschrauben eines Schlauches an einen Injector wurde bewiesen, daß derselbe bei 28 bis 19 Pfd. Dampfdruck im Kessel das Wasser 56' hoch hinauftrieb und 3' hoch ansog.

Till, über Prüd'homme's Pumpe mit hydrostatischem Gestänge. — Am unteren Ende des Brunnenschachtes befindet sich ein unten weiter, oben enger gebohrter Cylinder, in welchem sich zwei durch eine durchlöcherte hohle Stange verbundene Kolben bewegen. Der untere Kolben ist massiv, der obere und kleinere Kolben trägt aber ein Tellerventil. In den ringförmigen Raum zwischen beiden Kolben mündet das Saugrohr ein, welches unten ein Saugventil trägt, in den oberen engen Theil des Pumpencylinders mündet dagegen ein nach der Oberfläche führendes Steigrohr ein und der untere weite Theil des Cylinders steht mit dem Windkessel in Verbindung. Bewegt sich der Kolbenapparat niederwärts, so wird der Raum zwischen den Kolben größer, weil er mehr vom weiten Cylinder umfaßt, und es wird demgemäß Wasser durch das Saugrohr angesogen werden. Bewegen sich aber die Kolben aufwärts, so wird der äußere Raum kleiner und das Wasser muß durch die Oeffnungen der hohlen Kolbenstange und durch das Ventil des oberen Kolbens über den Letzteren in das Steigrohr entweichen. Die auf- und niedergehende Bewegung der Kolben wird aber durch eine über dem Brunnen stehende Pumpe bewirkt. Es ist dies ein unten mit dem Steigrohr, oben mit dem Ausgußrohre verbundener geschlossener Cylinder, in welchem sich ein durchbrochener Treibkolben bewegt, der aber an der Kolbenstange spielt, während sein Ventil an derselben festsitzt. Geht die Stange nieder, so setzt sich das Ventil auf den Kolben auf und drückt ihn nieder, wodurch auch die Schließung des Steigventils am oberen Kolben des eigentlichen Pumpenapparates und der Niedergang desselben, also das Ansaugen von Wasser bewirkt wird. Geht die Betriebsstange aufwärts, so öffnet sich der Durchgang durch den Treibekolben und beim weiteren Aufgange dieses Kolbens, mit welchem gleichzeitig der Aufgang des Pumpenkolbenapparates erfolgt, tritt das angesogene Wasser nach dem Ausgußrohre. Der Windkessel, dessen Luftinhalt beim Niedergange der Pumpenkolben comprimirt wird, wirkt mit bei dem Aufgange der Letzteren.

Speisepumpe für Locomobilen. — Zweckmäßige Verbindung einer Handpumpe mit einer durch die Maschine getriebenen Speisepumpe, bei welcher Pumpenstiefel und Ventilgehäuse in einem Stück gegossen sind.

Ernst, conischer Dampfkessel mit Schlammfang. — Auf dem Eisenwerk von Cosack & Comp. in Hamm befindet sich ein durch die Gase eines Schweißofens geheizter, 60' langer, $3^1/_4$ bis 4' weiter, doppelt conischer Dampfkessel, an dessem Ende das vorgewärmte Speisewasser eintritt, während auf der Vereinigung der beiden conischen Stücken der Dampfdom sitzt, unter welchem im Boden ein 20" weites, nach einem querliegenden 24" weiten und 9' langen Schlammfangcylinder führendes Abfallrohr angebracht ist. Letzterer Cylinder wird nicht vom Feuer berührt und fängt die Schlammtheilchen auf, sodaß dieser Kessel 3 mal so lange in Gang erhalten werden kann, als andere Kessel, auch nur wenig Kesselstein ansetzt.

Dihm, die Asphalttrottoire in Nancy. — Als Untergrund dient eine 8 Cent. starke Betonlage aus 1 Vol. hydraulischer Kalkmörtel (1 Th. Kalk mit 3 Th. Sand) und

2 Vol. reiner kleiner Kies. Der Asphaltüberzug wird 3 Cent. stark gemacht und besteht aus 100 Gewichtstheilen künstlicher Asphalt, 59 Th. Kies und 1,5 Th. reiner ungemischter Asphalt (brai). Das Betonbett wird geschlagen und ist in 1 Tage zur Aufbringung des Ueberzuges fest genug geworden. Der Asphalt wird heiß und dünn aufgebreitet und mit Sand bestreut.

Stöß, über den Torf. — Man unterscheidet Stichtorf, von dem der Cubikfuß 15 bis 80 Pfd. wiegt, und Baggertorf, welcher so im Wasser zertheilt ist, daß er durch Schöpfen gewonnen werden kann. Für viele Zwecke ist der Torf nicht fest genug und daher hat man durch directes Pressen des nassen Torfes, durch Kneten und Durcheinanderarbeiten, durch Schlemmen, durch Pressen des lufttrocknen Torfes in kaltem Zustande und durch Pressen desselben in erwärmtem Zustande ein besseres, intensive Hitze gebendes Fabrikat zu erzielen gesucht. Das Pressen des nassen Torfes ist ungenügend, weil man dadurch aus der ursprünglich bis 80 % Wasser haltenden Masse höchstens die Hälfte des Wassers zu entfernen vermag, der gepreßte Torf aber dann äußerst schwer austrocknet. Vortheilhafter ist die Methode, mit Kneten und Durcheinanderarbeiten, Pressen durch Siebe oder durchlöcherte Trichter, Zerschneiden mit thonschneiderähnlichen Messerapparaten u. dergl. Das Schlemmverfahren setzt erst eine vollkommene Zerkleinerung und Verwandlung des Torfes in einen dünnen Brei voraus, und giebt gute Resultate. Das Pressen des lufttrocknen Torfes im Kalten nach der Lithauer Methode besteht in dem Auflockern des entwässerten Torfes mit Eggen und dem nachherigen Pressen des groben Pulvers unter einer Ramme, das Pressen im Warmen nach Gwynne und nach Exter in der Erwärmung des Torfes auf 60 bis 80° und der Formung von Preßsteinen aus diesem Pulver, beide Methoden stehen aber den auf ein Zerreißen und Kneten basirten Verfahrungsweisen nach. Geschlemmte und geknetete Torfziegel trocknen auch leichter, übrigens bewirkt man das Trocknen auch künstlich, entweder in warmer Luft, indem man diese in mit Eisenplatten gedeckten Canälen unter den Trockenhäusern hinführt, oder besser die warme Luft oben einströmen und am Boden durch einen Ventilator oder Schornstein ansaugen läßt, oder mittelst Feuergasen, welche in derselben Weise verwendet werden. Zu andern Zwecken wird der Torf auch verkohlt und zwar entweder bei Zutritt der Luft in Meilern oder Oefen, oder ohne Zutritt der Luft, wie in Staltach, in dicht geschlossenen Oefen mit außenliegender und durch einen Ventilator genährter Feuerung, oder in Retorten, welche die Auffangung des Theers ermöglichen.

Geisler, über Liderungen und Dichtungen. — Bearbeitete Flächen (Flanschen) werden am besten mit Gummi gedichtet, welcher jedoch bei sehr hohem Drucke in eingedrehte Nuthen zu legen ist, Cylinderdeckel durch Abbrechen der innern Kante des Cylinders und Umbinden des hineingreifenden Deckelrandes mit einer in Mennigkitt getränkten Hanfschnur; unbearbeitete Flächen (Muffe) werden am häufigsten mit getheertem Hanf und Blei, billiger mit Rostkitt aus 100 Eisenspänen, 1 Salmiak und sehr wenig Schwefel, sehr gut aber auch mittelst eines oder zweier übergeschobener und in den Muff eingetriebener Ringe aus Gummischnur gedichtet. Was die Liderungen anlangt, so ist bei niedriger Temperatur Leder, bei höherer Hanf und bei sehr hoher Metall in Gebrauch, bei Pumpen für schmutziges Wasser auch Holz oder Segeltuchscheiben mit zwischenliegenden Messingscheiben. Stopfbüchsen werden meist mit Hanf in Zöpfen, auch mit Gummi und Leinwand, Dampfkolben für Niederdruckmaschinen mit Hanfzöpfen, oder auch mit gußeisernen Ringen und dahinter gepackten Hanfflechten gelidert. Für hohen Druck eignen sich zerschnittene Metallringe, welche durch Federn oder durch ihre eigne Elasticität angedrückt werden.

Grünberg, über Cementfabrikation. — Die Cemente, worunter Mörtel, welche unter Wasser schnell erhärten, verstanden werden, zerfallen in die sogenannten hydraulischen Kalke, in die eigentlichen Cemente und in die Traßmörtel, und unterscheiden sich hauptsächlich durch den Thongehalt, welcher bei diesen drei Klassen resp. $^1/_4$, $^1/_2$ und $^4/_5$ Procent beträgt. Die beiden ersten Sorten müssen gebrannt werden, damit die Verbindung der Kieselsäure mit der Thonerde gelockert und zu der später im Wasser stattfin[illegible]den Bindung mit Kalkerde vorbereitet wird, während der [illegible]raß als von Natur gebrannt angesehen werden kann. [illegible] den besseren Cementfabriken gehört auch diejenige des Hr. Quistorp zu Stettin, welche hier beschrieben wird.

Ueber die Zerstörung der Baumaterialien durch atmosphärische Einflüsse — sind von Völkers nähere Untersuchungen angestellt worden, welche dem [illegible] Ruße enthaltenen schwefelsauren Ammoniak eine große R[illegible]lle dabei anweisen. Als Gegenmittel hat sich Wasserglas nicht sonderlich bewährt, besser scheint der von Kuhlmann empfohlene Steinkohlentheer.

Molekularerscheinung an gebogenen Stäben. — Stahlstäbe nehmen beim Biegen auf beiden Seiten der gebogenen Stelle feilenhiebähnliche Zeichnungen an, jedoch nur bei stahlartigem feinsehnigen Gefüge. Wenn solche Stücke abpolirt und mit verdünnter Salpetersäure geätzt werden, so zeigt sich diese Erscheinung auch im Inneren.

Schöne, Fahrkunst auf der Saline Le[illegible]hall. — Dieselbe ist zweitrümmig, hat in 24′ Ent[illegible] übereinander Bühnen von 2′ im Quadrat, welche [illegible]Eisenstangen in den vier Ecken getragen werden, v[illegible]t bei 12′ Hub 7 Hübe pro Minute, sodaß der ers[illegible] aus 700′ Tiefe in 9 Minuten, hierauf aber in jed[illegible]ute 7 Mann ausgefördert werden. Die Geschwindigkeit ist etwa $^1/_8$ so groß, als bei der Seilförderung. Erbauungskosten 9500 Thlr.

Bluhme, die photoelektrische Grubenl[illegible]pe von Dumas. — Dieselbe besteht aus einer Geißler'schen Röhre, durch welche ein inducirter Strom hindurchgeleitet [illegible]ird. Der Strom wird durch doppelt chromsaures Kali mit Schwefelsäure entwickelt und das Ganze ist in einem 5 Kilogramme wiegenden Behälter vereinigt. Kostspieligkeit und Schwere des Apparates, sowie der Umstand, daß beim etwaigen Zerreißen des Inductionsdrahtes doch noch Explosionen bewirkt werden können, beschränken die Anwendbarkeit desselben zur Zeit noch sehr.

Malmedie, Hauptdimensionen verschiedener Dampfmaschinen. — Sämmtliche hier aufgeführte Maschinen sind von C. Schiedt in Görlitz gebaut; sie sind 2 bis 30 Pferdekräfte stark und größtentheils mit liegenden Cylindern eingerichtet.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

Literatur- und Notizblatt

zu dem elften Bande des

Civilingenieur.

№ 7.

Literatur.

Allgemeine Maschinenlehre. Ein Leitfaden für Vorträge, sowie zum Selbststudium des heutigen Maschinenwesens, mit besonderer Berücksichtigung seiner Entwicklung. Für angehende Techniker, Cameralisten, Landwirthe und Gebildete jeden Standes. Von Dr. Moritz Rühlmann, Professor an der polytechnischen Schule zu Hannover, Ritter des königl. Hannov. Guelphenordens dritter Classe und des Ordens der kaiserlich franz. Ehrenlegion, Officier des öffentlichen Unterrichts von Frankreich u. s. w. u. s. w. Mit zahlreichen Holzschnitten aus dem M[illegible]er'schen Atelier. Zweiten Bandes zweite Hälfte. Braunschweig. C. A. Schwetschke u. Sohn. (M. Bruhn.) 1865.

Mit dieser Lieferung wird der zweite Band der vortrefflichen Rühlmann'schen allgemeinen Maschinenlehre abgeschlossen. Dieselbe behandelt auf 19 Bogen die Oelmühlen, die S[illegible]hlen und die landwirthschaftlichen Maschinen und enthä[illegible] weniger als 261 Holzstiche. Wie wir schon in frühe[illegible]sprechungen dieses Werkes berichtet haben, ist der Hau[illegible] desselben eine beschreibende Darstellung der Maschin[illegible] Maschinenanlagen, bei welcher in geschichtlicher Rei[illegible] von den ältesten Einrichtungen bis auf die Gegenwart [illegible]rts geschritten wird. Dieser Gang ist gewiß der interessanteste und instructivste, welcher eingeschlagen werden kann, und weiht den Studirenden am gründlichsten in den Gegenstand ein, so daß die deutsche Literatur dem Hrn. Verfasser [illegible] sein mühevolles Werk zu hohem Danke verpflichtet ist. Besitzen wir doch überhaupt kein Werk, in welchem die sogenannten Mühlen (Mehl-, Oel- und Schneidemühlen) in gleicher Vollständigkeit und Klarheit dargestellt wären. Wenn bisweilen die eingedruckten Holzstiche dem Constructeur nicht ganz genügen werden, so wird er doch insofern wieder Ersatz finden, als immer über die Quellen und über bessere Zeichnungen Nachweisungen beigefügt sind. Von besonderem Werthe sind ferner die Notizen über die Leistungen der beschriebenen Maschinen und Mühlenwerke, über die Constructeurs und Maschinenbauanstalten, die in gewissen Branchen ein hervorragendes Renommée genießen, über Preise, Dimensionen, Geschwindigkeiten, Kraftbedarf u. s. w. der beschriebenen Maschinen, und dergleichen mehr. Der letzte Abschnitt über die landwirthschaftlichen Maschinen, welcher ungefähr ein Drittheil des vorliegenden Heftes umfaßt, ist zwar nicht ganz so speciell, als die Abschnitte über die Mühlen, bespricht aber doch die hauptsächlichsten Mustermaschinen und giebt in einer geschichtlichen Einleitung einen sehr interessanten Ueberblick über die raschen Fortschritte, welche in diesem, an sich noch so jungen Gebiete der Maschinenlehre gemacht worden sind. — Wir hoffen, daß es dem Herrn Verfasser möglich sein wird, recht bald wieder eine Fortsetzung seines verdienstlichen Werkes erscheinen zu lassen.

Die Gründungen der Gebäude und die Behandlung des Baugrundes von Dr. C. A. Menzel, Königl. Universitäts-Bau-Inspector u. s. w. Herausgegeben und verbessert von C. Schwatlo, Königl. Baumeister, Baumeister des General-Postamtes, Lehrer am Königl. Gewerbe-Institut, Privatdocent an der Königl. Bauakademie in Berlin. Mit 29 Holzschnitten. Halle. G. C. Knapp's Verlag. 1866.

Ein nur wenig umfängliches, aber ganz brauchbares Schriftchen für Baugewerken, welches noch mehr Interesse erwecken würde, wenn es auch die Gründungen der Brücken mit behandelte.

Die Baumaterialien des Maurers. Eine Zusammenstellung aller rohen und künstlichen Materialien, die Art und Weise ihrer Gewinnung und Fabrikation nach den bewährtesten Methoden, ihre Prüfung in Bezug auf Werth, Güte und Wohlfeilheit, und ihre Verwendbarkeit zu den verschiedensten Bauzwecken. Ein Rathgeber für Baumeister, Bauhandwerker und Bauunternehmer von Dr. C. A. Menzel, Königl. Universitäts-Bau-Inspector u. s. w. Herausgegeben und verbessert von C. Schwatlo, Königl. Baumeister, Baumeister des General-Postamtes, Lehrer am Königl. Gewerbeinstitut, Privatdocent an der Königl. Bau-Akademie in Berlin. Mit 45 Holzschnitten. Halle, G. C. Knapp's Verlag. 1866.

Auch dieses Schriftchen entspricht seinem Titel, indem es etwa dasjenige enthält, was Baugewerken über die Maurer-Materialien zu wissen nöthig haben.

Vorlegeblätter für Steinmetzen. Ausgeführte Bauconstructionen in Vorlegeblättern für Gewerbschulen und technische Lehranstalten, sowie zum Gebrauche für Architekten und Bauhandwerker. Herausgegeben von B. Harres, Großherzogl. hess. Baurath und Lehrer der

Architektur an der höheren Gewerbschule in Darmstadt. Zweites Heft. (Tafeln 7 bis 12.) Oppenheim a/R. u. Darmstadt. 1864. Verlag u. Eigenthum von Ernst Kern.

Dieses Heft schließt sich den in d. Bl. früher schon besprochenen Harres'schen Vorlegeblättern für Maurer und Zimmerleute würdig an und bietet zugleich recht hübsche praktische Aufgaben für die descriptive Geometrie.

Die Straßenbahnen und Eisenbahnen in Städten. Bericht an den Tit.=Stadtrath Zürich von A. Bürkli, städtischer Ingenieur in Zürich. Zweite Auflage. Zürich, Druck und Verlag von Fr. Schultheß. 1865.

Da wir bei dieser neuen Auflage wesentliche Zusätze oder Aenderungen nicht bemerkt haben, können wir uns auf unsere frühere Besprechung dieses Schriftchens in Nr. 4 d. Bl. beziehen, sprechen aber zugleich unsere Befriedigung darüber aus, daß von dieser Broschur so bald eine neue Auflage nöthig geworden ist.

Illustrirtes Baulexikon. Praktisches Hilfs= u. Nachschlagebuch im Gebiete des Hoch= und Flachbaues, Land= und Wasserbaues, Mühlen= und Bergbaues, der Schiffs= und Kriegsbaukunst, sowie der Mythologie, Ikonographie, Symbolik, Heraldik, Botanik und Mineralogie, soweit solche mit dem Bauwesen in Verbindung kommen. Für Architekten und Ingenieure, Baugewerken und Bauherren, Baubeflissene und Gewerbschüler, sowie für Archäologen, Kunstliebhaber und Sammler. Herausgegeben von Oscar Mothes, Architekt, Verfasser der Geschichte der Baukunst und Bildhauerei Venedigs, Inhaber der k. k. österr. gold. Medaille für Kunst und Wissenschaft, corresp. Ehrenmitglied der sociedad scientifica in Murcia u. s. w. 15. und 16. Heft. Mit zahlreichen in den Text gedruckten Illustrationen. Leipzig, im Verlag von Otto Spamer. 1865.

Mit Heft 15 beginnt der Buchstabe F und der zweite Band des in d. Bl. schon mehrfach besprochenen Illustrirten Baulexikons. In diesem und dem 16. Hefte, welches den Buchstaben F beschließt und bis zu dem Artikel Garschlacken geht, sind als hervorragend zu bezeichnen die Artikel Fenster, Festigkeit, Festung, Formen, Frührenaissance, Fußboden, Futtermauer. Bezüglich der Behandlung dieser und der übrigen Artikel, welche durch nahe hundert, zum Theil sehr schöne Holzstiche illustrirt sind, haben wir eine Abweichung gegen den ersten Band nicht bemerkt und können uns daher auf unsere früheren Besprechungen beziehen.

Referate aus technischen Zeitschriften.

Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1865, Band IX, Heft 1 bis 4. (Schluß.)

Dihm, Reißschiene und Dreieck mit Nonius. — Zur Vermeidung von Fehlern beim Abgreifen kleiner Maaße mittelst des Zirkels, wird hier eine Einrichtung empfohlen, wo an der Oberkante der Schiene ein Maaßstab, an der Ecke des Dreiecks aber ein Nonius angeklebt ist, während der linke Rand des Brettes ebenfalls den Maaßstab und der Kopf der Schiene einen Nonius trägt. Man arbeitet bei dieser Vorrichtung von einem festen Nullpunkte aus, den man nach einiger Uebung immer leicht bequem wählen lernt.

Jacobi, Expansionsschieber für Dampfmaschinen. — Bei dieser Einrichtung bewegt sich der Expansionsschieber unmittelbar auf dem Vertheilungsschieber, aber rechtwinklig zu demselben. Der Rücken des Letzteren ist senkrecht über den Dampfeinlaßcanälen gitterartig durchbrochen und der Expansionsschieber hat eine entsprechende Form. Mit der Vertheilungsschieberstange ist eine andere Stange gekuppelt, welche sich unabhängig von der ersteren drehen kann und den Expansionsschieber mittelst zweier kurzer Hebel anhebt. Die Drehung dieser Stange erfolgt durch den Expansionsconus.

Jacobi; Luftventil für Dampfcylinder. — Um zu vermeiden, daß bei starker Expansion der schädliche Gegendruck größer ausfalle, als der treibende Dampfsdruck, soll man an jedem Deckel des Cylinders ein kleines, sich nach innen öffnendes Luftventil anbringen; sinkt die Spannung im Cylinder unter den Atmosphärendruck, so stellt dieses Ventil auf beiden Seiten Gleichgewicht der Drücke her.

Härten des Gußeisens. — Der fertige gußeiserne Gegenstand soll kirschrothglühend in eine Mischung von 1080 Grammen Schwefelsäure und 65 Gr. Salpetersäure mit 10 Litern Wasser getaucht werden.

Pneumatische Eisenbahn für Personenverkehr. — Beim Sydenhamer Krystallpalaste wurde versuchsweise eine 600 Yards lange pneumatische gemauerte Röhre von 10' Höhe und 9' Weite hergerichtet, in welcher ein Wagen zu 35 Personen in 50 Secunden von einem Ende zum anderen fortgeschoben wird. Die Windpressung beträgt $2\frac{1}{2}$ Unzen engl. pro Quadratzoll, obschon scharfe Curven und eine Steigung von 1 : 15 vorkommt; zur Abdichtung dient eine mit Bürsten besetzte Scheibe, zur Erzeugung der Pressung ein 22' hoher Ventilator. Auf der Seite des Ventilators ist ein eisernes Doppelthor angebracht, welches sich von selbst schließt, wenn der abfahrende Zug, der in Folge seiner Schwere von der Station bis zum Tunnelanfange hinabrollt, dasselbe passirt hat.

Ueber die Locomotiven der Londoner Industrieausstellung vom Jahre 1862. — Zusammenstellung von Notizen nach verschiedenen Quellen.

Unterirdische Förderdampfmaschine. — In der Gould & Curry=Mine in Californien steht eine 50pferdige Fördermaschine, welche durch Dämpfe aus einem über Tage stehenden Kessel gespeist wird. Der Schacht ist 201' tief, dann gehen die Rohre in der Sohle der Strecke 899' weit bis zur Maschine, geschützt durch eine mit Asche gefüllte Holzbekleidung. Die Spannung soll um $\frac{1}{2}$ Atmosphäre sinken. Auf der New=Almaden=Grube ist eine 1300' lange freiliegende und blos mit Stroh umwickelte Dampfrohrleitung vorhanden, welche 1 Atmosphäre Spannungsverlust zeigen soll.

Beim Gießen des Roheisens — soll die erforderliche Dünnflüssigkeit, wenn es zu kalt aus dem Cupolofen kommt, durch Zusatz einer kleinen Menge Blei wieder erzielt werden können.

Riemenscheiben. — Zur Befestigung auf der Welle werden vortheilhaft geschlitzte Naben angewendet, welche durch Schrauben zusammengezogen werden, da in diesem Falle die Welle nicht geschwächt zu werden braucht.

Dampfmaschinen in den Zollvereinsstaaten. — Im Jahre 1861 waren in den deutschen Zollvereinsstaaten 13525 Dampfmaschinen mit 599171,59 Pferdekräften vorhanden. Das stärkste Contingent liefern hierzu die Locomotiven, dann folgen die Bergwerksmaschinen. Von den Staaten weist Preußen, nächstdem Sachsen, Baiern und Hannover die meisten Dampfmaschinen auf.

Lehmann, über das Reactionspropellersystem für Schiffe. — Bekanntlich sind wiederholt Versuche gemacht worden, die Reaction des Wassers als Triebkraft für Schiffe anzuwenden, indem man durch eine Dampfmaschine eine Kreiselpumpe, welche aus dem Fahrwasser saugte, betreiben und das angesogene Wasser durch zwei in demselben Schiffsspant liegende Knierohre ausströmen ließ. Liegen diese Knierohre horizontal in derselben Richtung, so treibt der Reactionsdruck das Schiff nach der entgegengesetzten Richtung fort; stehen die Austrittsrohre vertical, so bleibt das Schiff stehen, sind sie nach entgegengesetzten Seiten gewendet, so dreht sich das Schiff im Kreise u. s. w. Die Versuche, welche hier specieller aufgezählt werden, sind alle mit mehr oder weniger ungenügenden Maschinen angestellt worden und haben daher auch nur ungenügende Resultate ergeben. Die leichte Steuerbarkeit des Schiffes und die Anwendbarkeit für jeden Tiefgang, die Vermeidung von Geräusch und Vibrationen und die leichte Sicherung gegen Beschädigungen sind aber Vorzüge, welche immer wieder die Aufmerksamkeit auf dieses Propellersystem richten werden, sei es auch nur, um es als Steuerungsmechanismus für Kriegsschiffe zu verwenden. Die Theorie läßt ebenfalls nur einen geringen Wirkungsgrad erwarten, was darin liegt, daß die Leistung des Motors erst mit Hilfe eines, gewöhnlich schlecht construirten Turbinenapparates nutzbar gemacht wird; wenn gut gebaute Turbinen angewendet würden, so würde der Wirkungsgrad vielleicht auch so hoch zu bringen sein, als bei Schraubenschiffen.

Fink, über die gebräuchlichen Modificationen des Watt'schen Regulators. — Der Herr Verfasser hebt in dieser höchst lehrreichen kurzen Abhandlung zunächst hervor, daß der Regulator nicht allein die Schuld aller Mängel in der Regulirung trage, sondern daß hieran auch die Einrichtung unserer Dampfmaschinen Schuld sei, insofern der Regulator während der Zeit, wo der Zutrittscanal durch den Expansionsschieber bedeckt ist, gar nicht wirken kann, und insofern der im Steuerkasten und sonst bis zum Drosselventil enthaltene Dampf durch das Spiel des Regulators nicht beseitigt werden kann. Ferner wird der Widerstand gegen den Regulator auch dadurch oft vergrößert, daß die Axe der Drosselklappe fasch liegt und dann auf einer Seite ein Ueberdruck stattfindet. Was die zweckmäßigsten Verhältnisse eines Watt'schen Regulators mit Gegengewicht anlangt, so findet der Herr Verfasser, daß die Empfindlichkeit des Regulators durch $\frac{n}{n_1} = \sqrt{\frac{Q+P+F}{Q+P-F}}$ ausgedrückt werden kann, wenn Q das Gegengewicht, P das Gewicht einer Kugel, F den bei der Regulation zu überwindenden Widerstand bedeutet und vorausgesetzt wird, daß die Arme, an welchen die Kugeln und das Gegengewicht hängt, gleich lang sind. Die Schwere des Gegengewichts wird passend dreimal so groß gemacht, als das Gewicht einer Kugel, der geringste Ausschlagwinkel etwa 20° und, da man einen ausreichend gleichförmigen Gang erhält, wenn die größte Umdrehungszahl u bei geschlossener Dampfklappe nur 1,1 mal so groß ist, als die kleinste u_1 bei geöffneter Klappe, so erhält man

$$u = 1{,}1 \, . \, u_1 \sqrt{\frac{Q+P+F}{Q+P-F}}.$$

Man kann nun eine Schwankung in der Geschwindigkeit um 2 Procent als zulässig erachten und erhält dann zwischen den Gewichten und Widerständen die Beziehung $P+Q = 51\,F$. Die Widerstände lassen sich dadurch mit genügender Genauigkeit ermitteln, daß man einen zweiarmigen Hebel unter dem Muff angreifen läßt, dessen anderes Ende belastet wird, bis sich der Muff hebt, und dann beobachtet, wieviel Gewicht abgenommen werden darf, bis er sich wieder senkt, die Hälfte des letzteren Gewichtes aber gleich F setzt. Bei dem pseudoparabolischen Regulator, bei welchem die Aufhängepunkte der Kugeln auf der den Kugeln entgegengesetzten Seite der Axe liegen, bestimmt sich zunächst die größte zulässige Entfernung von der Axe durch die Gleichung $\frac{e}{a} = (\sin\alpha)^3$, wo e die Entfernung des Aufhängepunktes von der Axe, a die Länge der Aufhängestange und α den Winkel, welchen die Stange beim tiefsten Stande der Kugeln mit der Axe bildet, bedeutet. Diese Einrichtung gestattet einen größeren Ausschlagwinkel bei gleicher Differenz der Umdrehungszahlen, also eine größere Verschiebung des Muffes und ein geringeres F, doch braucht ein gewöhnlicher Regulator nur um etwas über ein Drittel schwerer gemacht zu werden, um dieselbe Wirkung zu geben. Oft ist der Widerstand so groß, daß es nicht einmal genügt, dem Regulator die eigentliche Kraftausübung abzunehmen und ihn blos zur Bewegung einer Kuppelungsvorrichtung zu verwenden. Für solche Fälle wird eine Einrichtung vorgeschlagen, wo der Regulator mittelst eines einarmigen Hebels ein conisches Getriebe hebt und senkt, das sich zwischen zwei an einer vom Motor getriebenen Welle sitzenden conischen Rädern befindet und also, je nach dem Stande der Kugeln, bald mit dem einen, bald mit dem andern Rade in Eingriff treten wird. Auch würde sich zur Bewegung von Schützen vortheilhaft der Auftrieb des Wassers benutzen lassen, wie hier angedeutet wird.

Werner, Theorie der einfach wirkenden Wassergestängepumpen. — Nach der hier vorgetragenen Theorie, über welche sich auszugsweise nicht wohl etwas mittheilen läßt, ergeben sich bei günstigen Verhältnissen ziemlich ansehnliche Wirkungsgrade für diese Pumpen.

Schrader, Berechnung des Schwungrades für ein Lochwerk. — Versuche, den Kraftbedarf von Arbeitsmaschinen und, was damit zusammenhängt, zu berechnen, verdienen alle Beachtung, ob sie gleich in der Regel von gewissen mehr oder weniger willkürlichen Annahmen ausgehen müssen; wir verfehlen daher nicht, auf die hier angestellte Berechnung aufmerksam zu machen.

May, Mechanismus zum Heben des Meisels bei Hobelmaschinen während des Rückganges. — Eine sinnreiche Vorrichtung für Hobelmaschinen mit excentrischer Kurbelbewegung, welche beim Rückgange den Meisel aushebt, damit er nicht stumpf wird, und zugleich den selbstthätigen

Vorschub in verticaler Richtung bewirkt, übrigens keine besondere Verstellung bedarf, wenn die Hublänge verändert wird.

Dehesselle's Kuppelmuff. — Bei dieser Kuppelung sind weder Keile, noch Schrauben nöthig; sie besteht vielmehr aus zwei gußeisernen Muffhälften, welche zusammen einen schwachen Doppelkegel bilden und durch zwei übergelegte schmiedeeiserne Ringe zusammengehalten werden. Haben die Ringe die Dicke e und Länge l in Centimetern, so sind sie für eine Welle von d Met. Stärke genügend, wenn $e\,l = 1379\,d^2$. Macht man die Ringe $^5/_4$ mal so lang als die Wellenstärke, so müssen sie $^1/_4$ des Durchmessers zur Stärke bekommen und der äußere Muffdurchmesser muß etwa 2 mal so stark als die Welle, die Länge des Muffes 5 Wellendurchmessern gleich gemacht werden.

Girard's hydrostatische Zapfenlager — haben sich auch bei schweren Walzwerken sehr bewährt. Bei 10 Atmosphären Wasserdruck, zu dessen Erzeugung eine Druckpumpe von 3,81 Pferdekräften erforderlich war, betrug die Arbeit der Reibung $1^3/_4$ Pfkr., während sie bei Oelschmierung 44 Pfkr. betrug.

Kritik von Fölsch's Bericht über die Wasserversorgung von Dresden. — In dieser Besprechung werden verschiedene sehr wesentliche Irrthümer des Fölsch'schen Berichtes nachgewiesen.

Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XV, 1865, Heft 1 bis 6.

Justen, das Niedrigwasserbassin bei den Dockbauten zu Birkenhead. — Beschreibung dieses schönen Baues mit zwei Tafeln Zeichnungen.

Römer, Reisenotizen über größere Eisenbahnhöfe im südlichen Deutschland und der Schweiz. — Mit Hilfe von drei großen Tafeln und verschiedenen Holzschnitten werden die Bahnhöfe zu Prag, Wien, Salzburg, München, Zürich, Basel, Straßburg, Kehl, Stuttgart, Darmstadt u. a. beschrieben, woraus hervorgeht, daß dieselben vielfach vorzugsweise den localen Bedürfnissen und Gewohnheiten angepaßt sind, daß man sich namentlich bemüht hat, die Personenhallen gut zu beleuchten, die Billetverkaufsstellen zweckmäßig einzurichten und Wegweiser für die Reisenden aufzustellen, aber die Gepäckexpeditionen nicht immer zweckmäßig anzubringen gewußt hat, endlich daß auch die Abtritte noch Manches zu wünschen übrig lassen. Viele Bahnhöfe Süddeutschlands und der Schweiz zeigen eine besondere Rücksichtsnahme für eine starke Sommerfrequenz.

Schnuhr, die Gasleitung durch den Schifffahrtscanal in Berlin — besteht aus 18 Zoll weiten, $^1/_2$ Zoll starken Blechrohren, von denen dasjenige auf der Sohle 52 Fuß lang ist und mit 9 Zoll Fall in einem Sammelkasten mündet, aus welchem auf der linken Böschung ein 24 Fuß langes Blechrohr aufsteigt, das die Verbindung mit dem Hauptrohre bewirkt, und in welchem sich eine Pumpe zur Entfernung der Niederschläge befindet. Bei dieser Construction wurde die Unterbrechung der Schifffahrt vermieden. Die Rohre liegen in einer ausgebaggerten Rinne und wurden in Zeit von 5 Stunden versenkt. Sie sind in den Flanschenverbindungen mit Kautschuk (mit Hanfeinlage) gedichtet.

Wiedenfeld, Dampfheizung in der Lackiranstalt der Niederschlesisch Märkischen Eisenbahn zu Frankfurt a. O. — Der Lackirschuppen ist 145' lang, 75' 7" breit, massiv und mit gewölbter Decke versehen. Der Dampf kommt in einem $3^1/_2$" weiten Kupferrohr in diesen Raum und geht durch vier $1^1/_4$" weite Rohre nach den Feuergruben zwischen den Geleisen (4 Geleise in 18 Fuß Entfernung) und in die 4" weiten, $^1/_{16}$" starken kupfernen Heizrohre, welche nach den Feuergruben hin Fall besitzen und sich dort in 5" weite Sammelrohre vereinigen, durch welche das Condensationswasser nach dem Kesselhause abfließt. Die Heizfläche beträgt 1 Quadratfuß auf 188 Cubikfuß Raum, und zur Erzeugung der Dämpfe dient ein Henschel'scher Kessel mit drei 17' langen, 15" weiten Röhren und einem 7' langen, 32" weiten Dampfsammler, welcher gewöhnlich mit 30 Pfund Spannung arbeitet. Diese Anlage kostet 5500 Thlr. Eine andere Art Heizung ist für einen Wagenrevisionsschuppen von 149' 5" Länge und 143' 8" Breite eingerichtet, der durch 62 Fenster in den Wänden und 28 Oberlichter erhellt wird und 528604 Cubikfuß Raum umfaßt. Hier steht unter dem Fußboden ein Ofen von Chamottesteinen mit $14^1/_2$ Quadratfuß Rostfläche, dessen Verbrennungsgase durch ein 2' weites, $^1/_4$" starkes Blechrohr von 125' 9" Länge, welches in einem 3' weiten, 5' 10" tiefen, oben mit durchbrochenen gußeisernen Platten bedeckten Canale frei aufgehängt ist, nach der Esse abziehen. Zur Vermittelung der Circulation sind besondere Luftcanäle angebracht, welche 22' seitwärts vom Heizcanale liegen. Diese Anlage, welche 2800 Thlr. gekostet hat, verlangt 0,45 Pfd. schlechtes Brennmaterial auf 1000 Cubikfuß Raum und 1° Temperaturerhöhung, während bei der Dampfheizung der Brennmaterialverbrauch 0,6 Pfund beträgt.

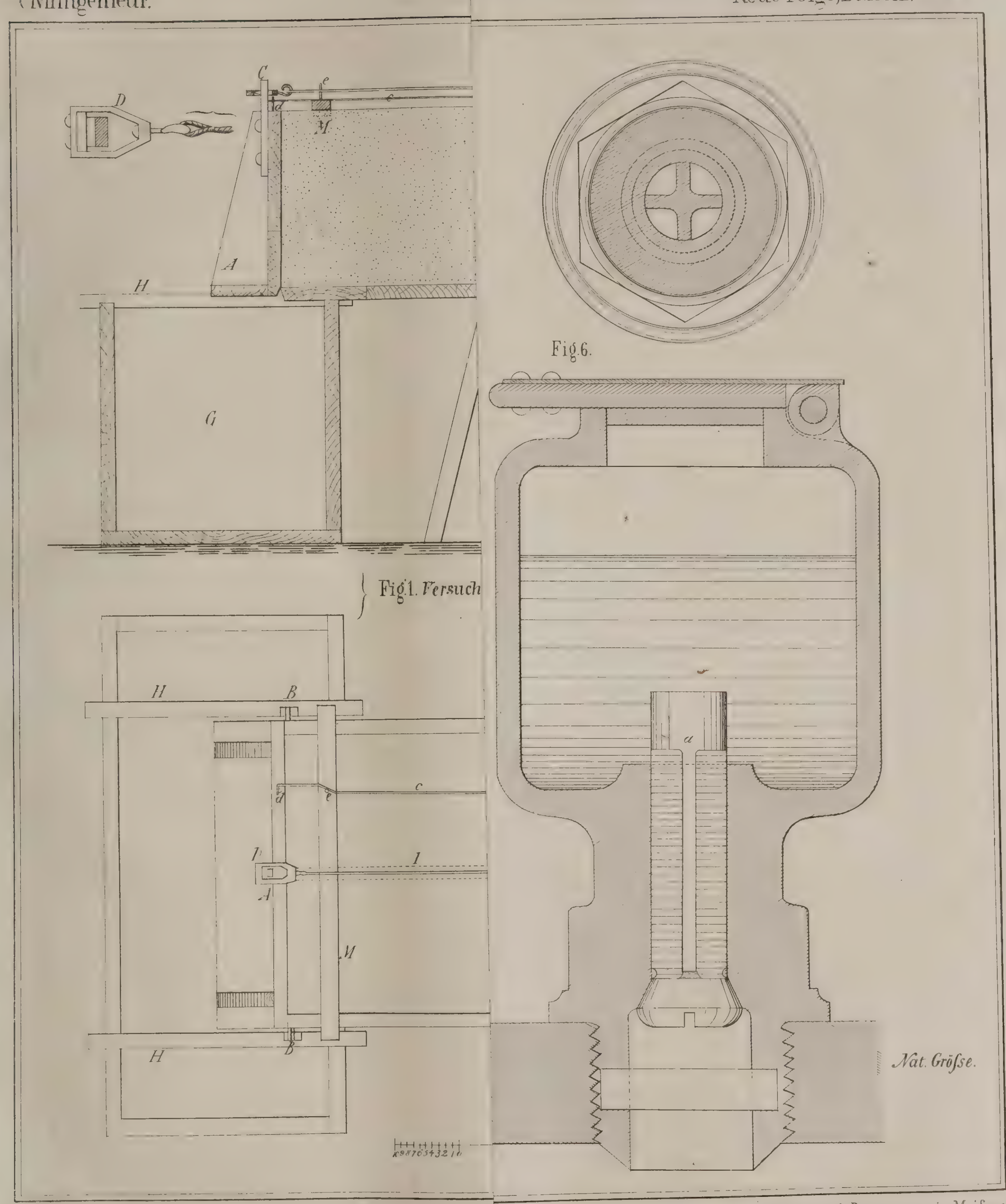
Hagen, über den Hafen von Boulogne sur mer. — Dieser bedeutende Hafen ist insofern besonders interessant, als bei demselben zum ersten Male eine Verstärkung des Spülstromes als Mittel gegen die Verflachung der Hafenmündungen angewendet worden ist.

Schönfelder, über den Deichbruch zu Bradfield bei Sheffield. — Ueber den Durchbruch der Bradfielder Eindeichung, welche 250 Menschenleben kostete und an Feldern, Gebäuden u. s. w. einen auf 3 bis 4 Millionen Thaler veranschlagten Schaden verursachte, läßt sich mit Sicherheit soviel sagen, daß derselbe die Folge schlechter Ausführung des Dammes gewesen ist, indem namentlich in den obern Lagen die Dammmasse gar nicht gestampft und auch nicht durch nasse Mauerung gegen die Durchweichung geschützt worden ist. Der Puddeldamm war bei 60' Tiefe unter der Dammsohle 16', in der Krone (bei 90' über der Sohle) blos 4' stark, und wurde zu beiden Seiten von einem unten 235', oben 4' breiten Erdkörper eingefaßt, hätte also bei guter Ausführung wohl für einen Wasserdruck von 90' Höhe genügt. Bemerkenswerth ist es noch, daß man die bei dieser Katastrophe unter Wasser gesetzten Gebäude mittelst einer von London requirirten Dampfspritze in 5 Tagen wieder trocken legte und zugleich damit die verschlämmten Waarenvorräthe reinigte.

Cuno, die Empfangsgebäude der Bahnhöfe zu Eydtkuhnen und Gumbinnen. — Mit 3 Tafeln. Zwei geschmackvolle und elegante Gebäude.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.



Verlag v. Arthur Felix in Leipzig
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen

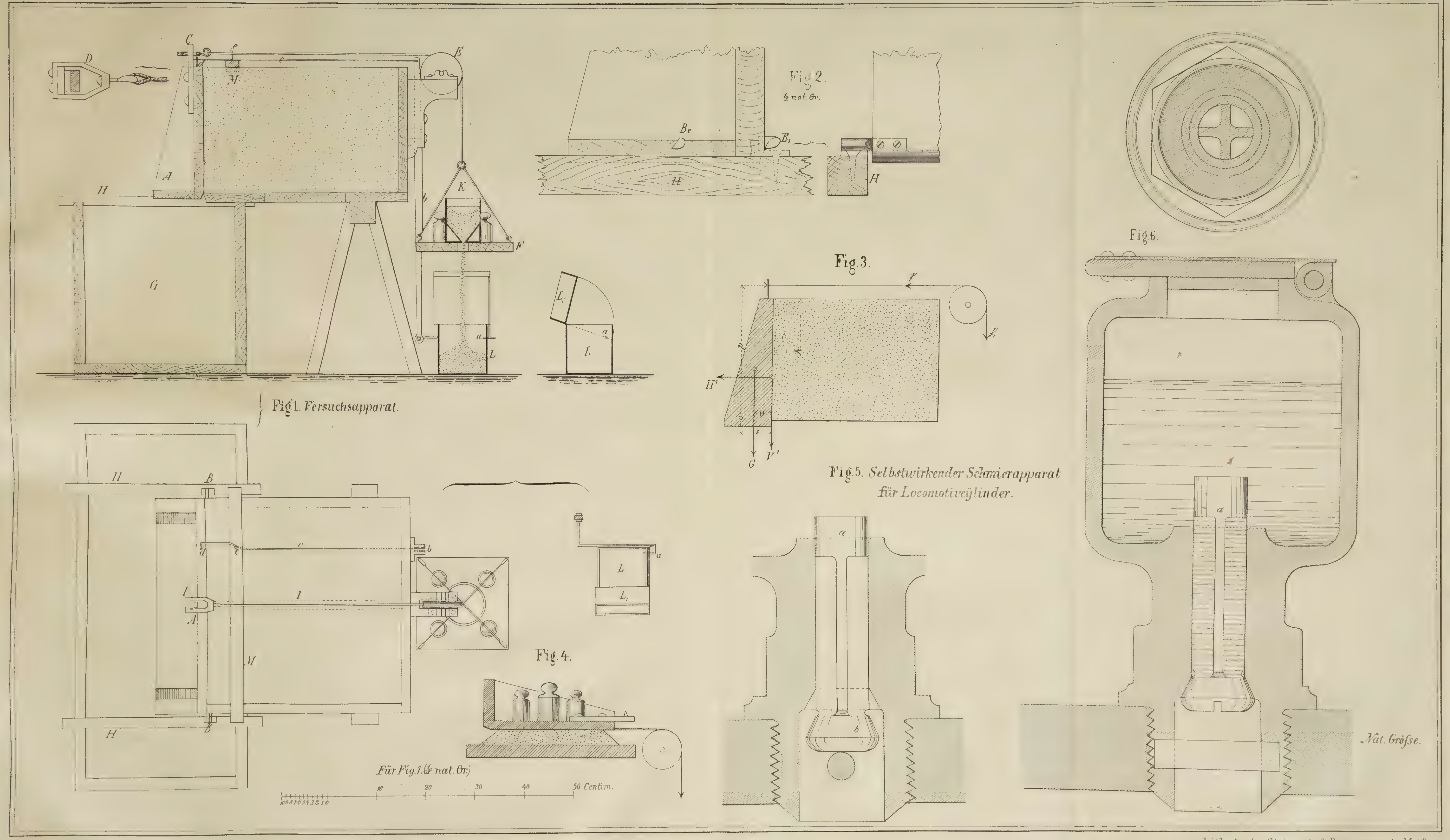
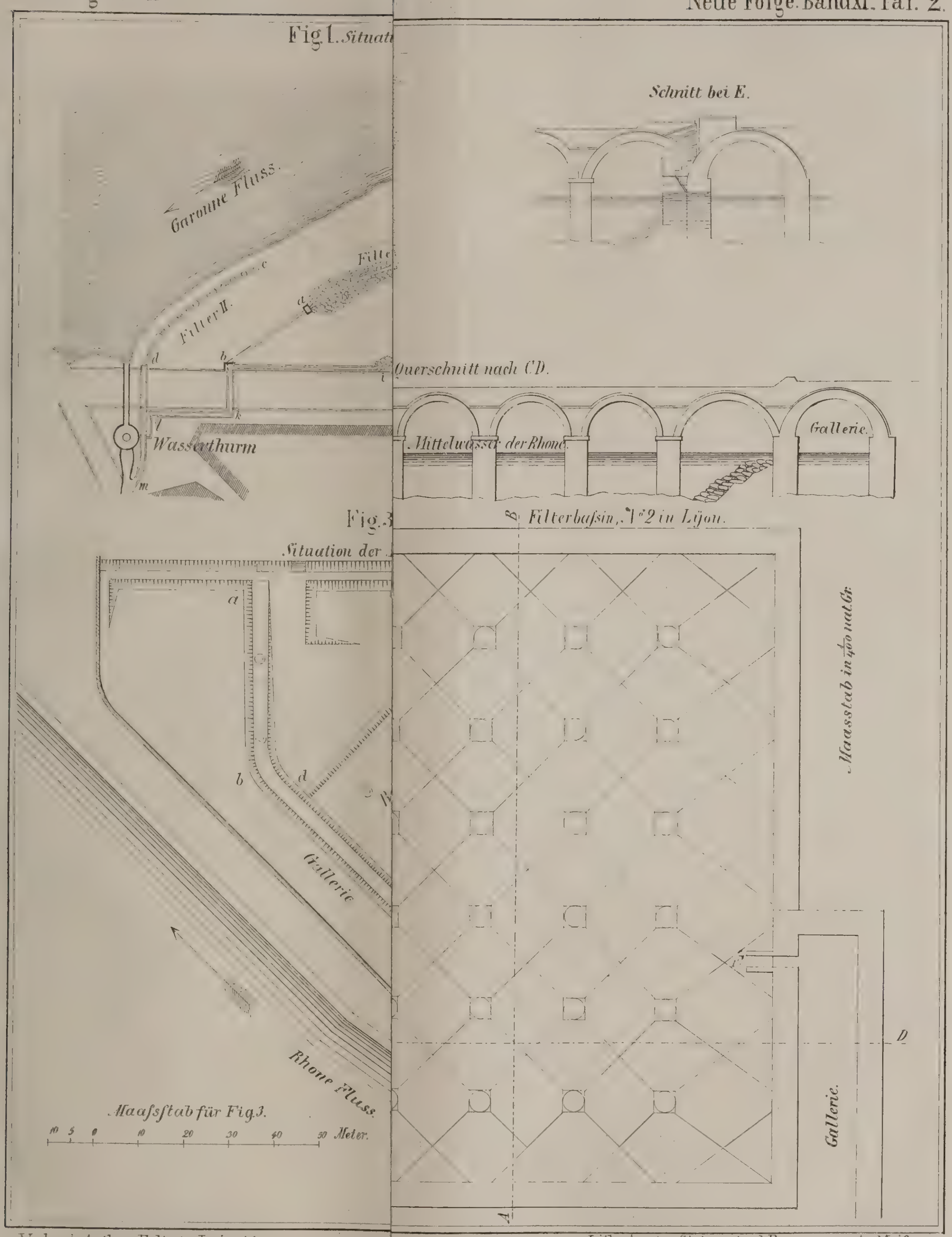


Fig. 1. Versuchsapparat.

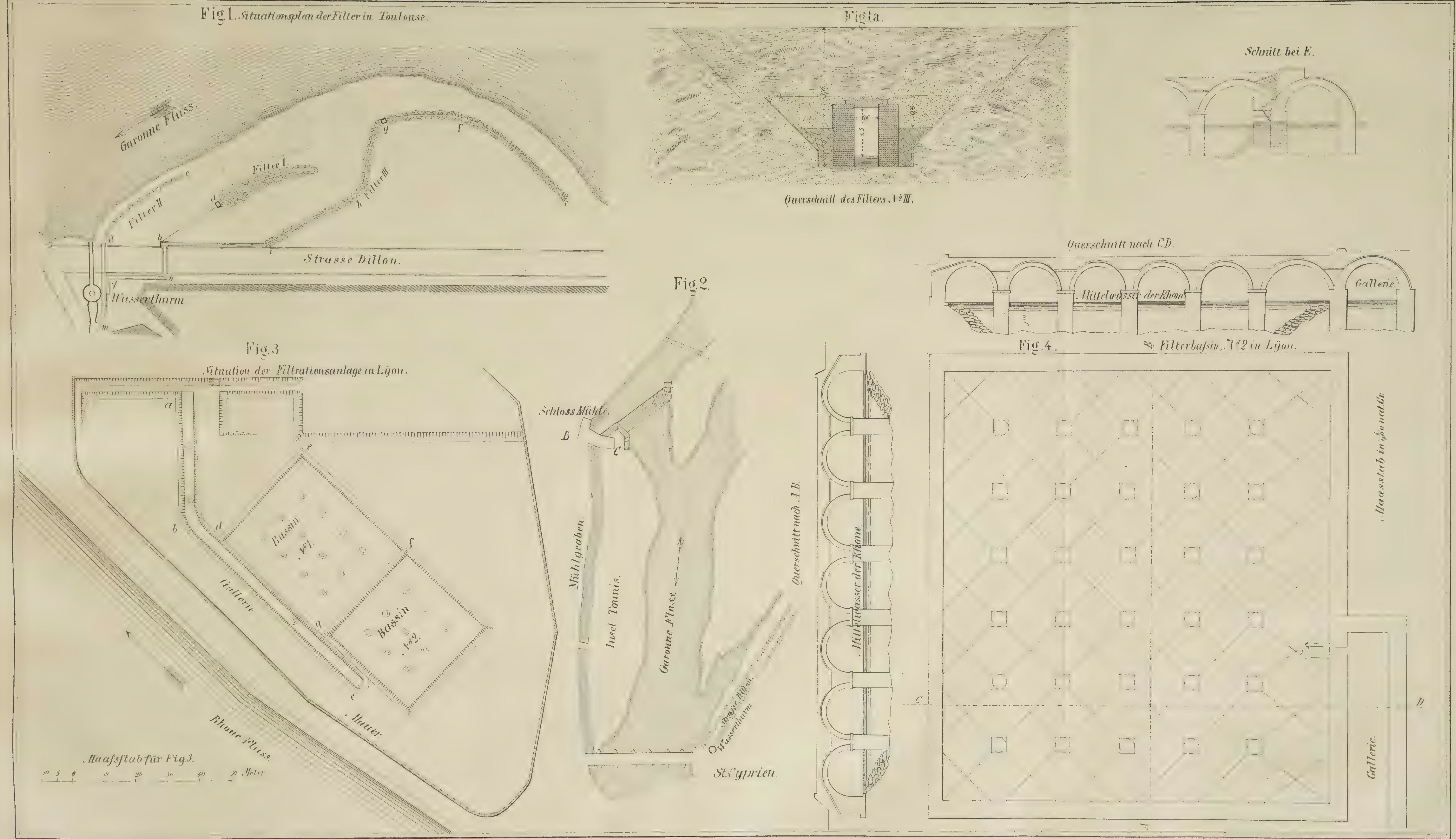
Fig. 5. Selbstwirkender Schmierapparat für Locomotivcylinder.

Verlag v. Arthur Felix in Leipzig

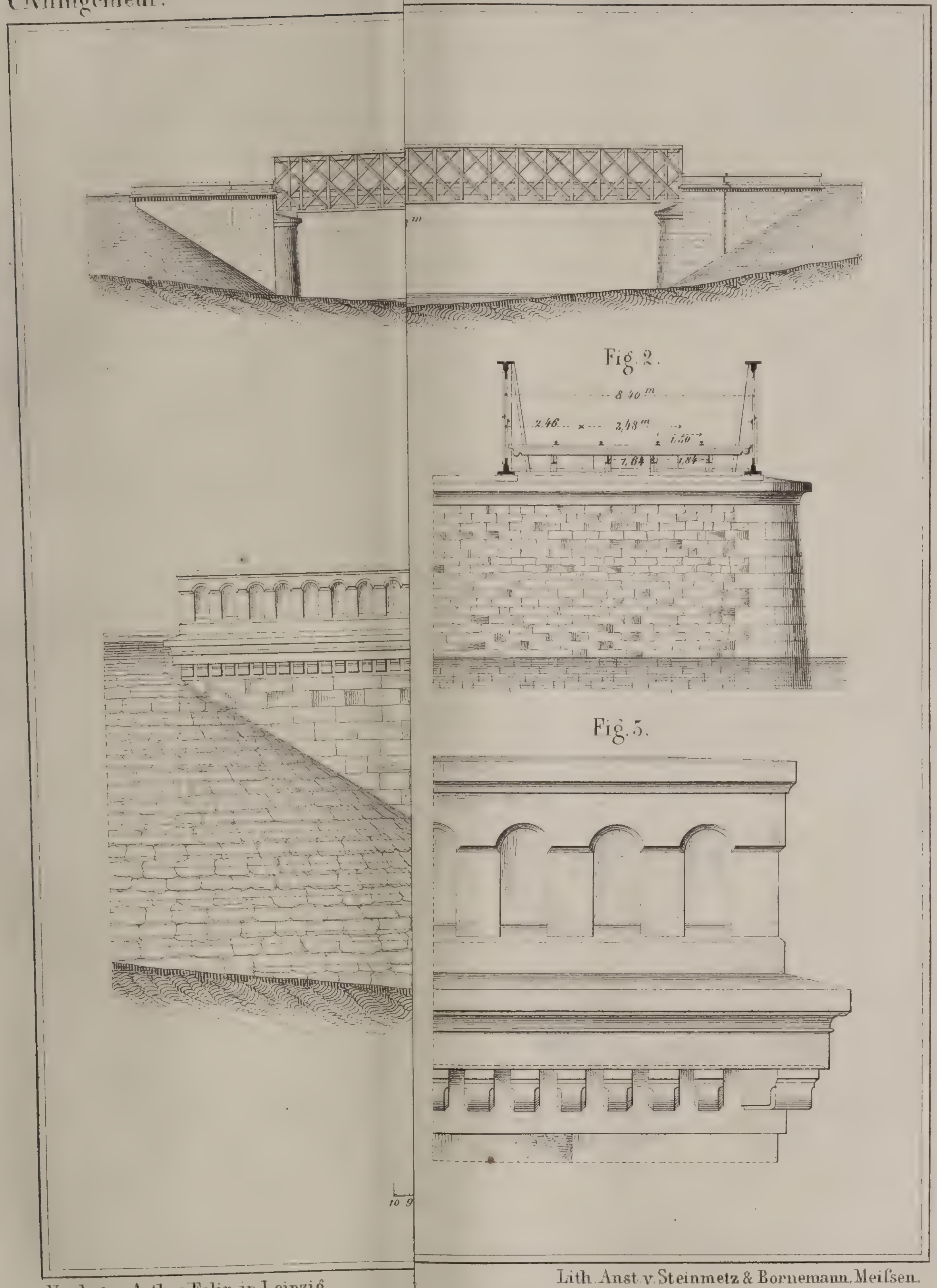
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meißen



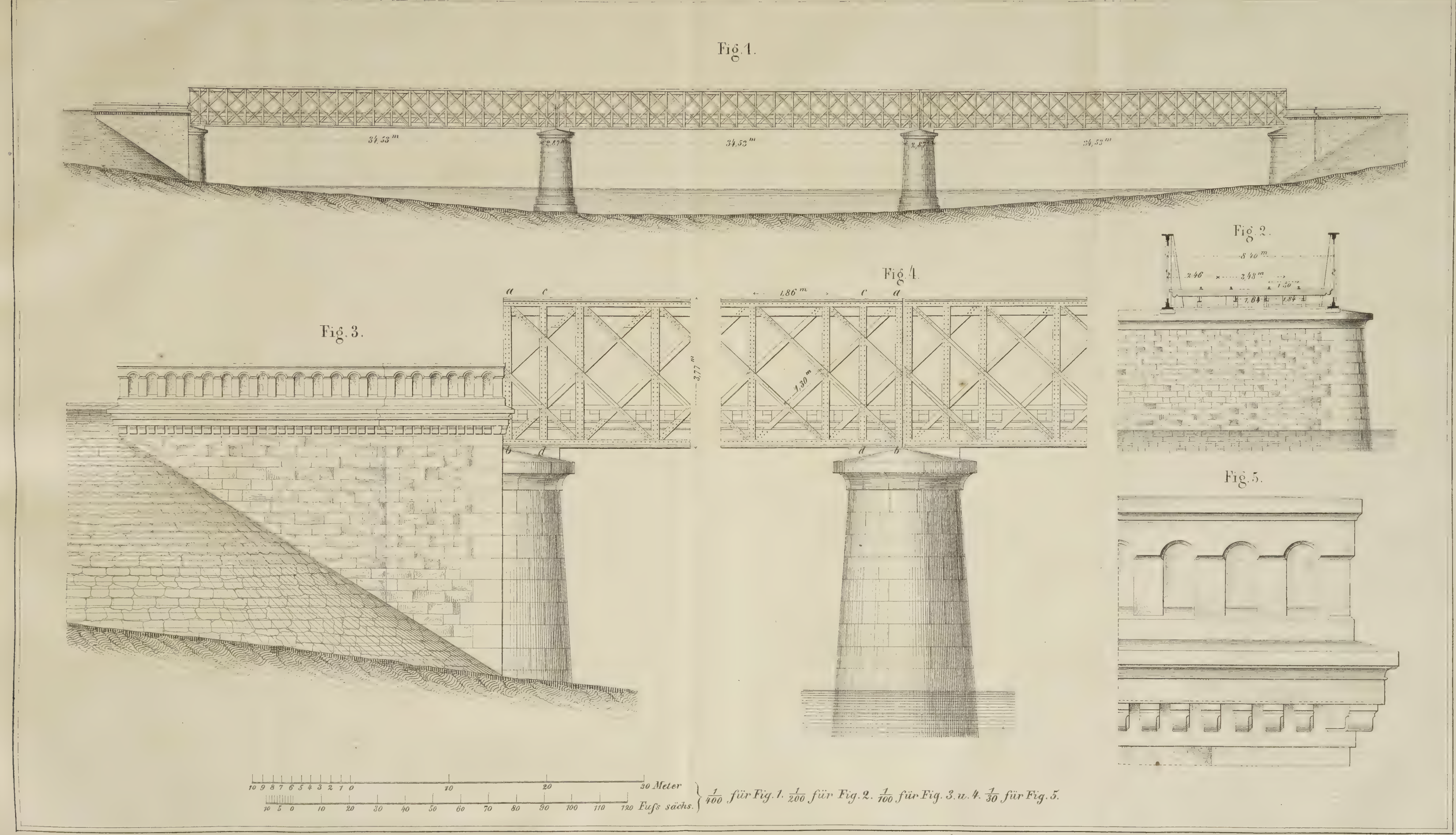
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.



Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.

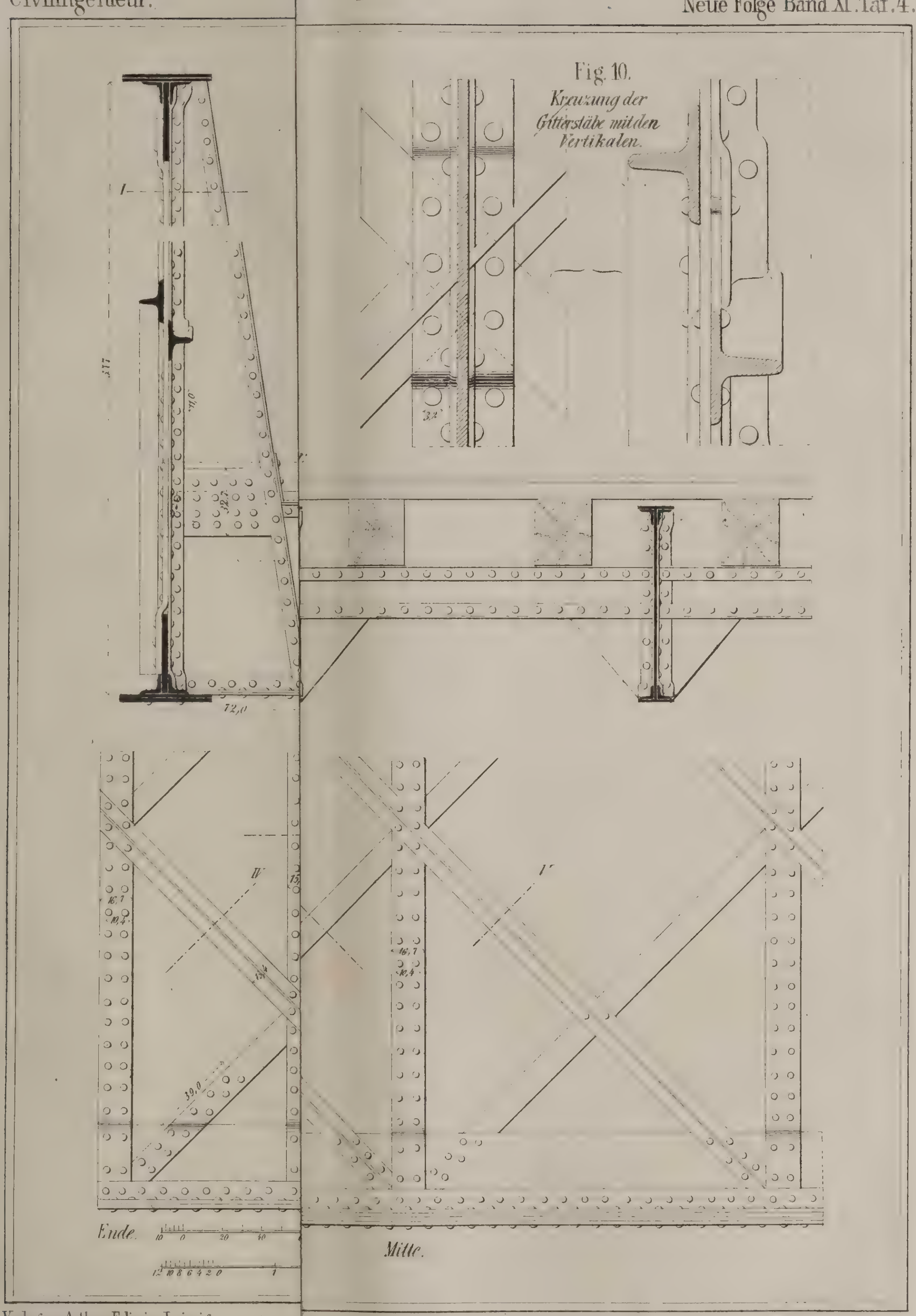


Verlag v. Arthur Felix in Leipzig
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meifsen.

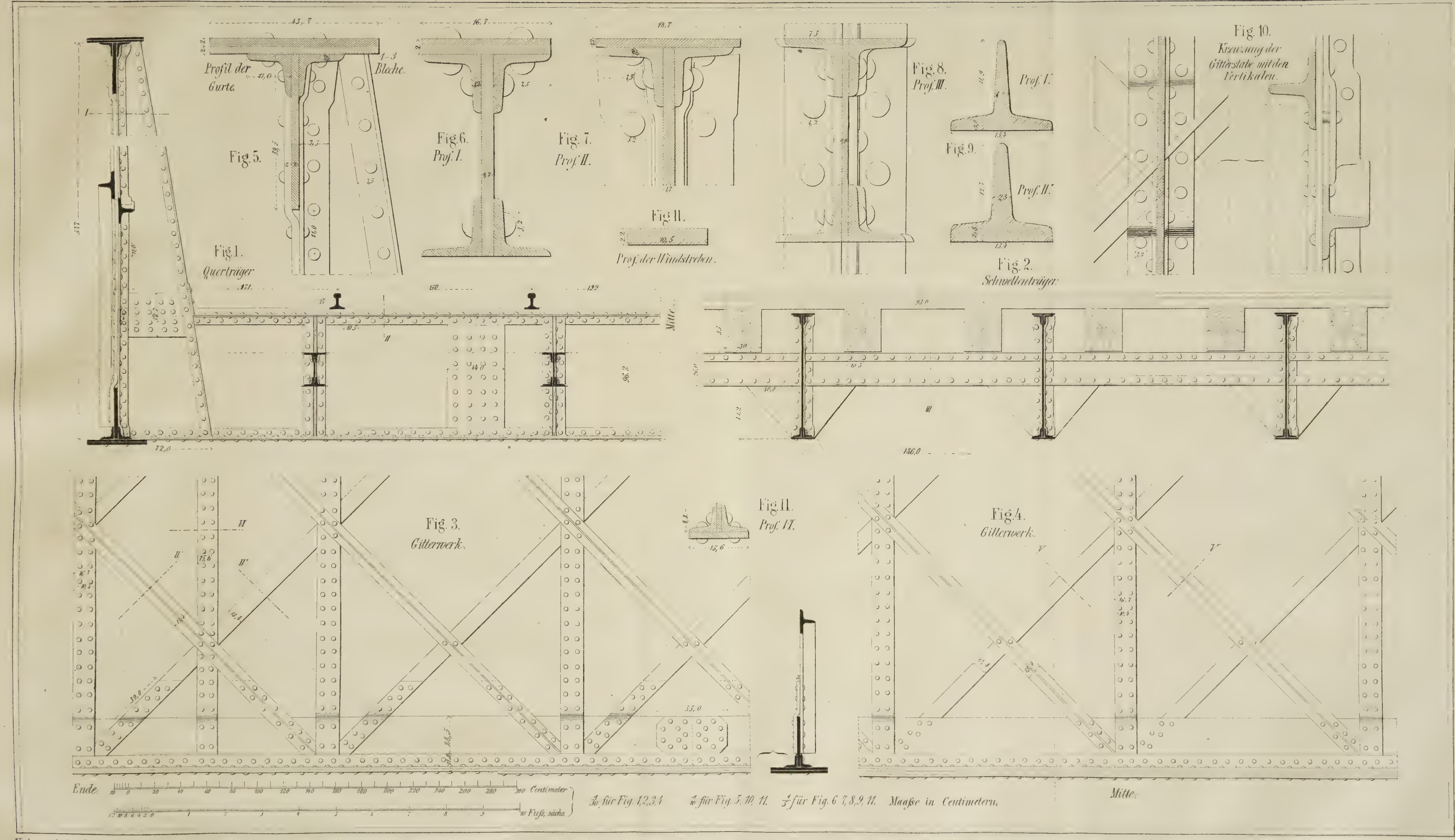


Verlag v. Arthur Felix in Leipzig

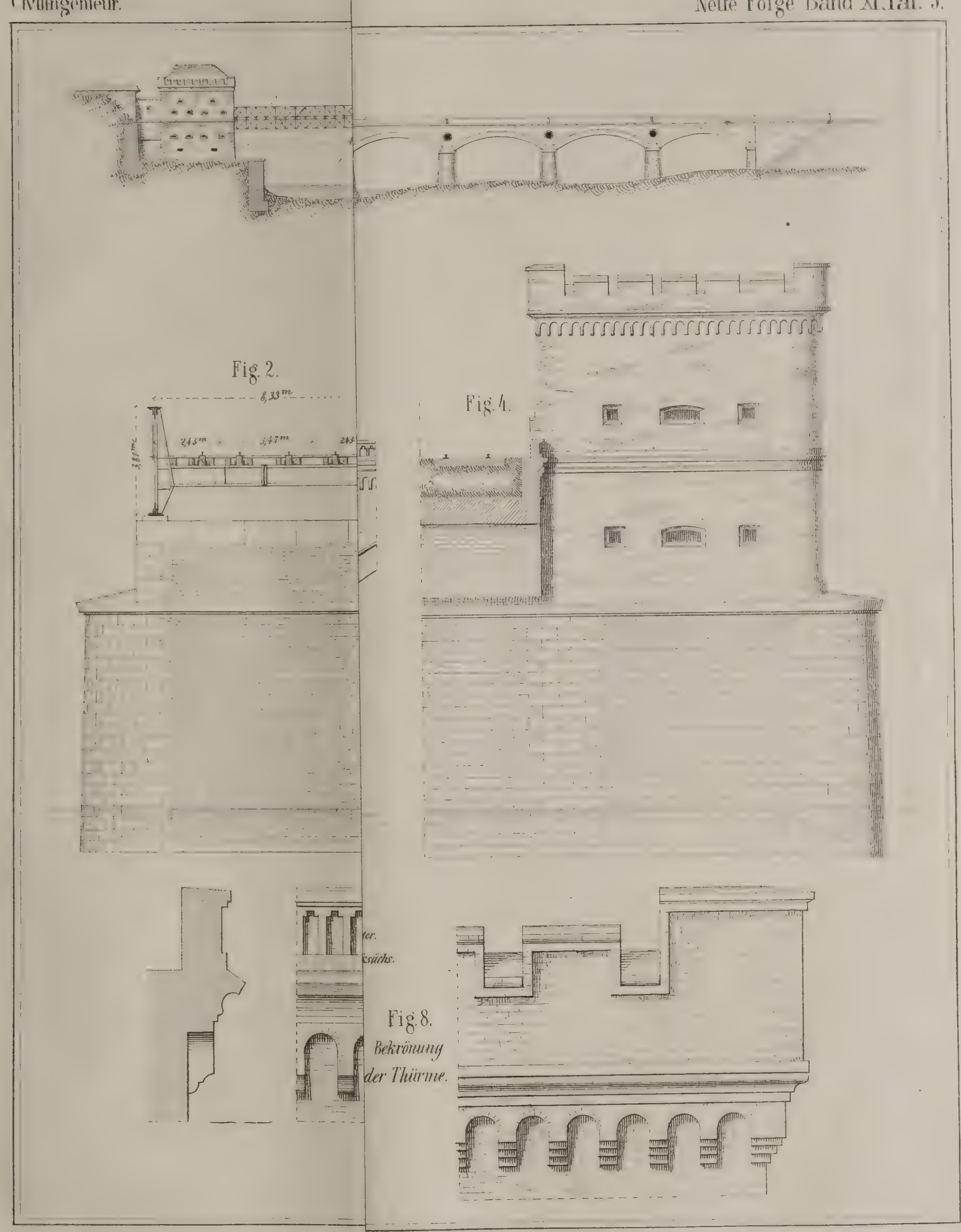
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann. Meißen.



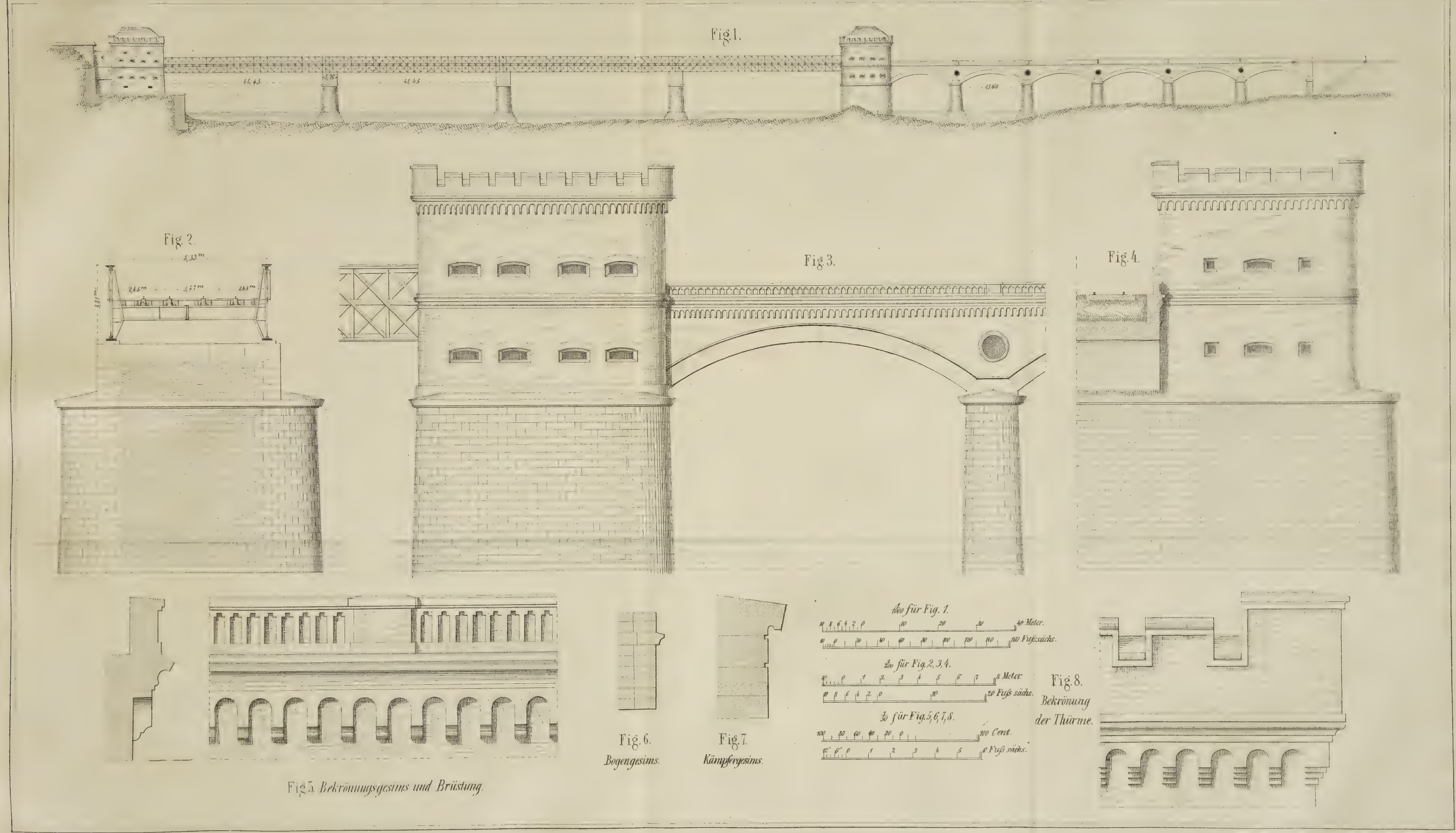
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann. Meissen.



Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.

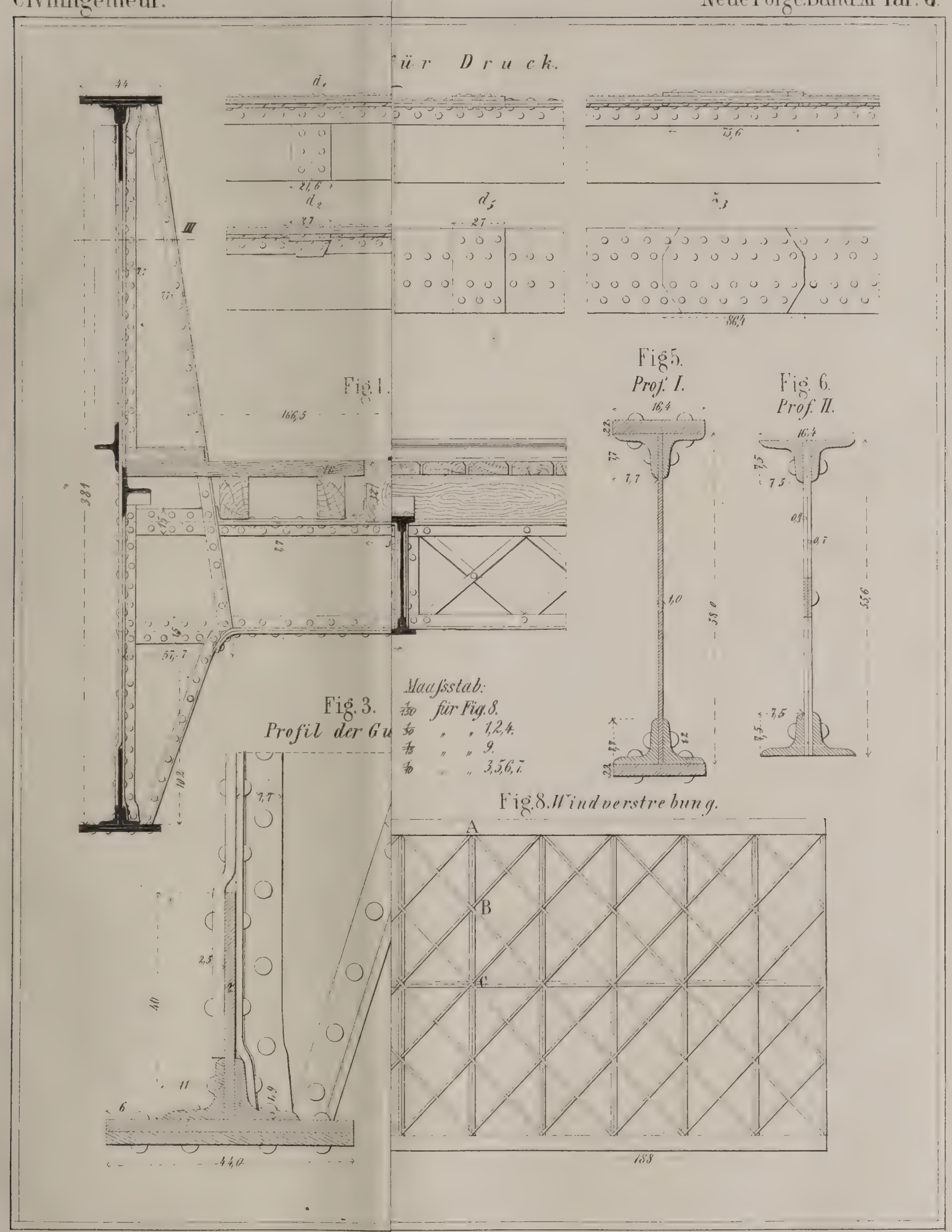


Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann. Meissen.

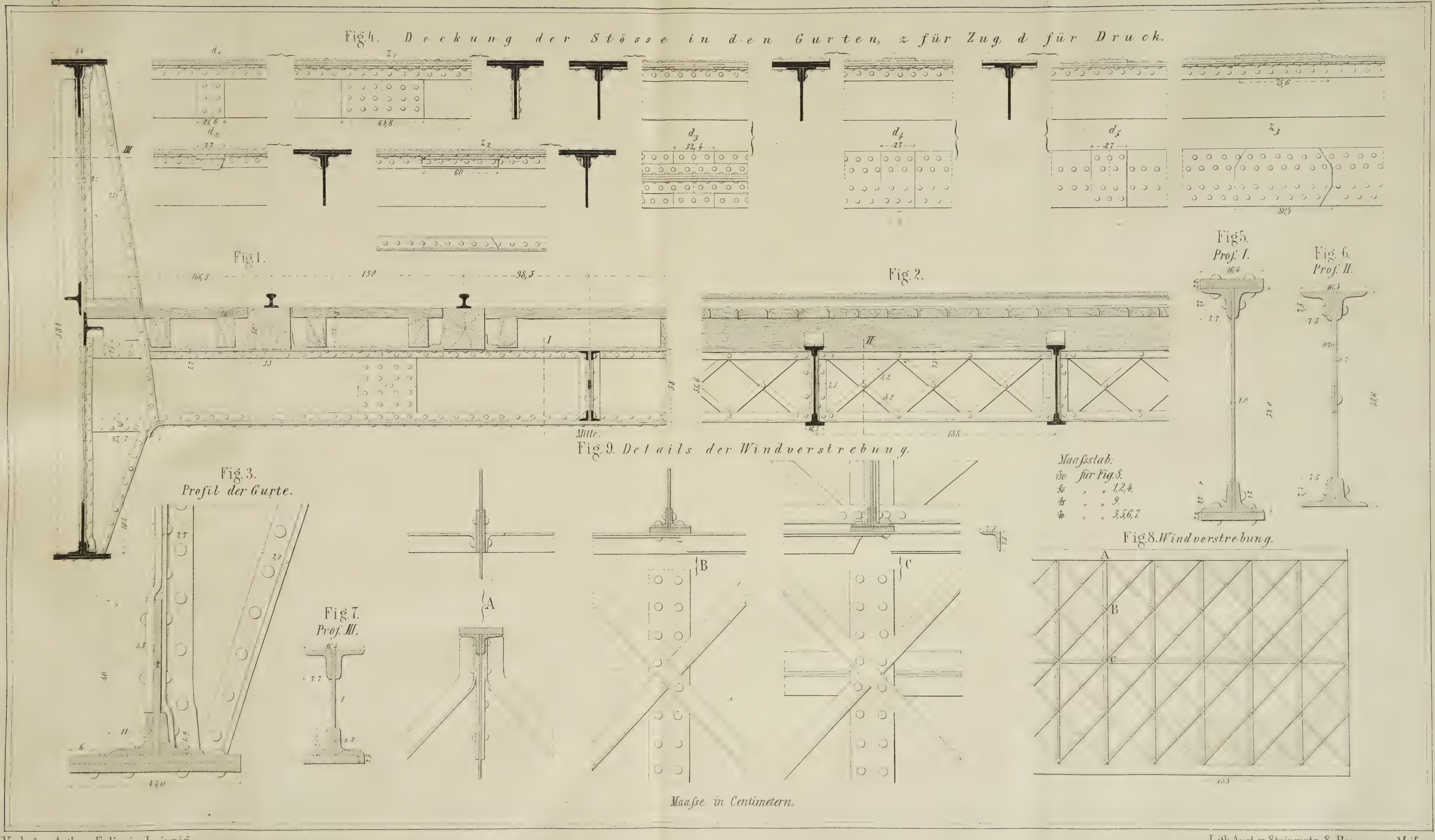


Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.

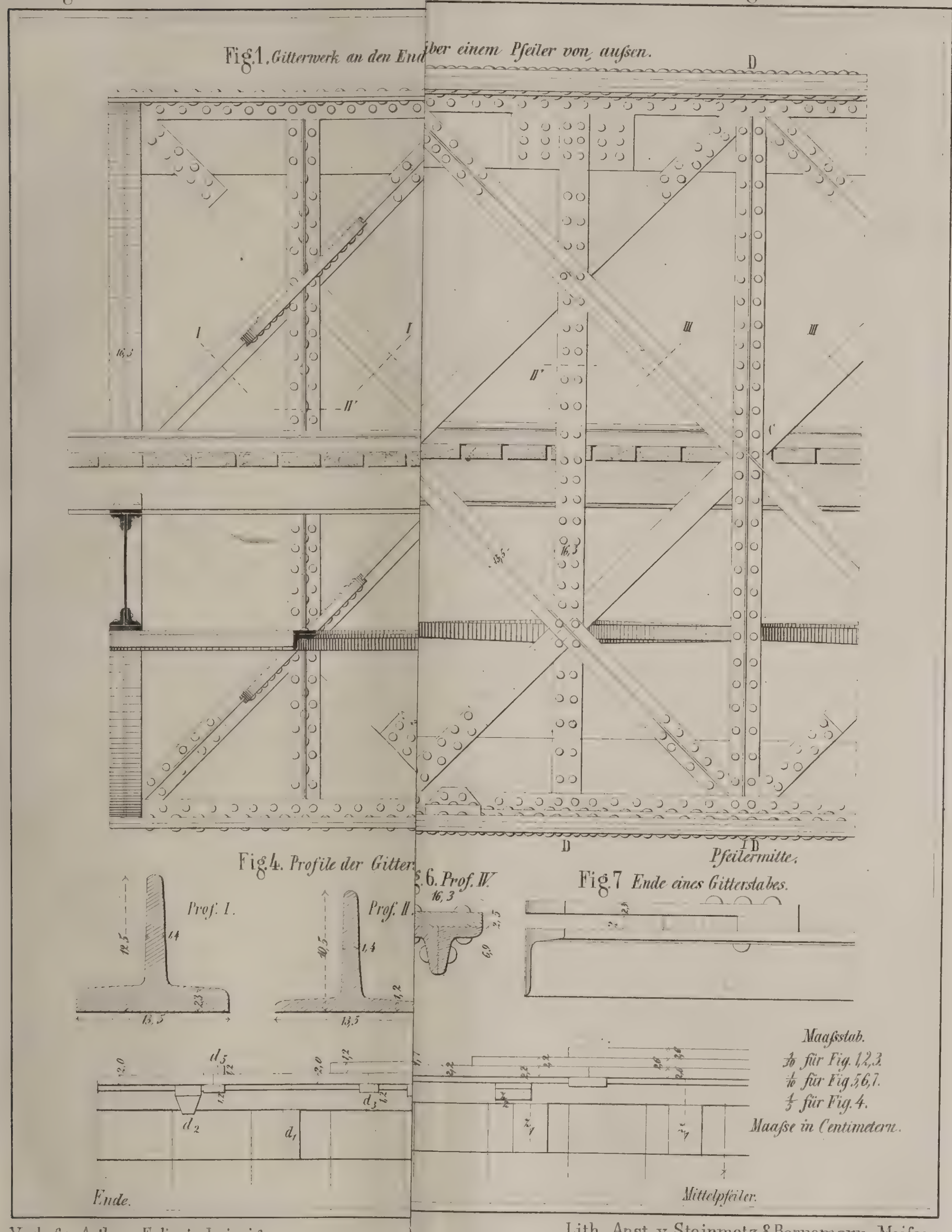
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



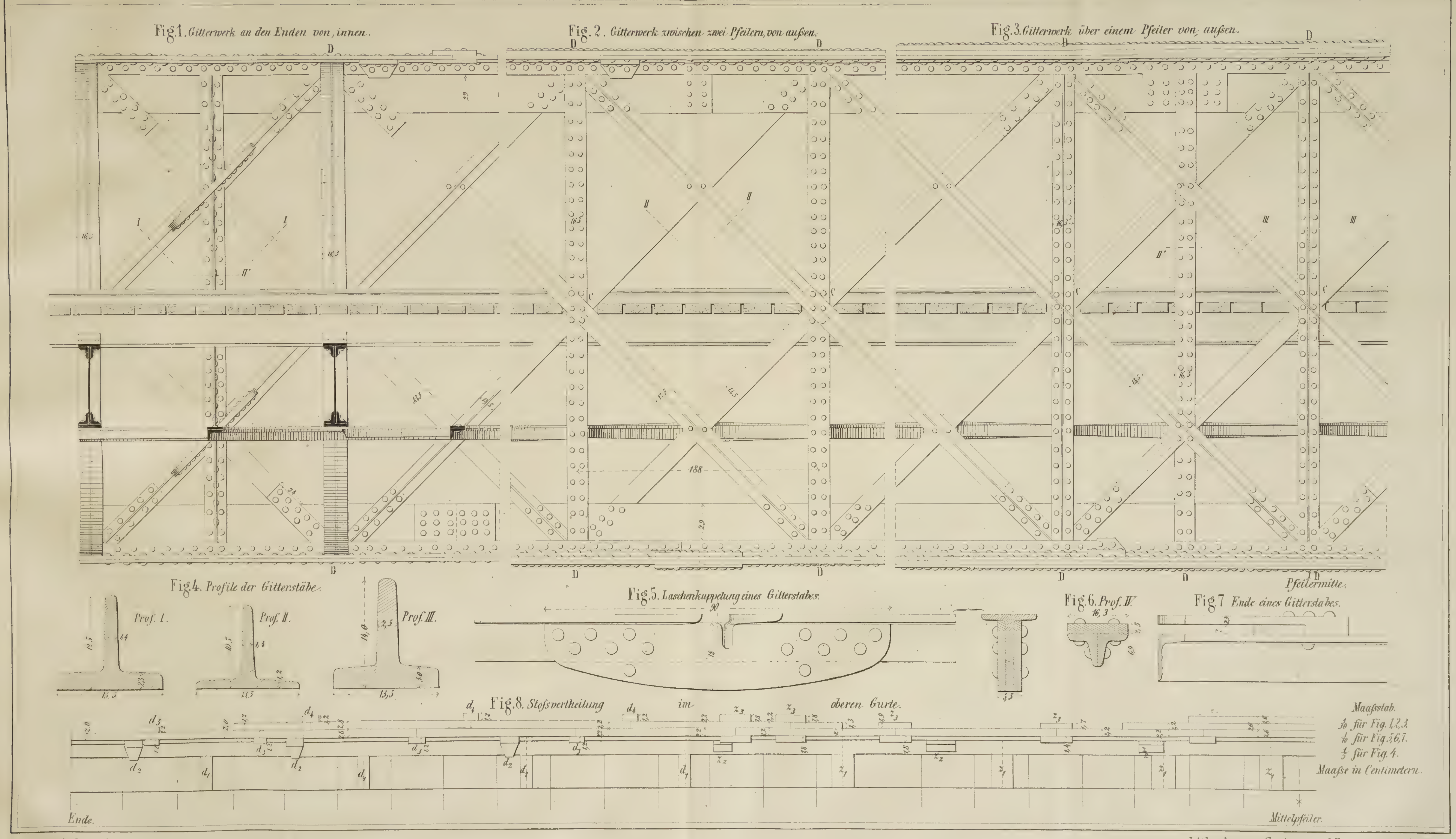
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann. Meifsen.



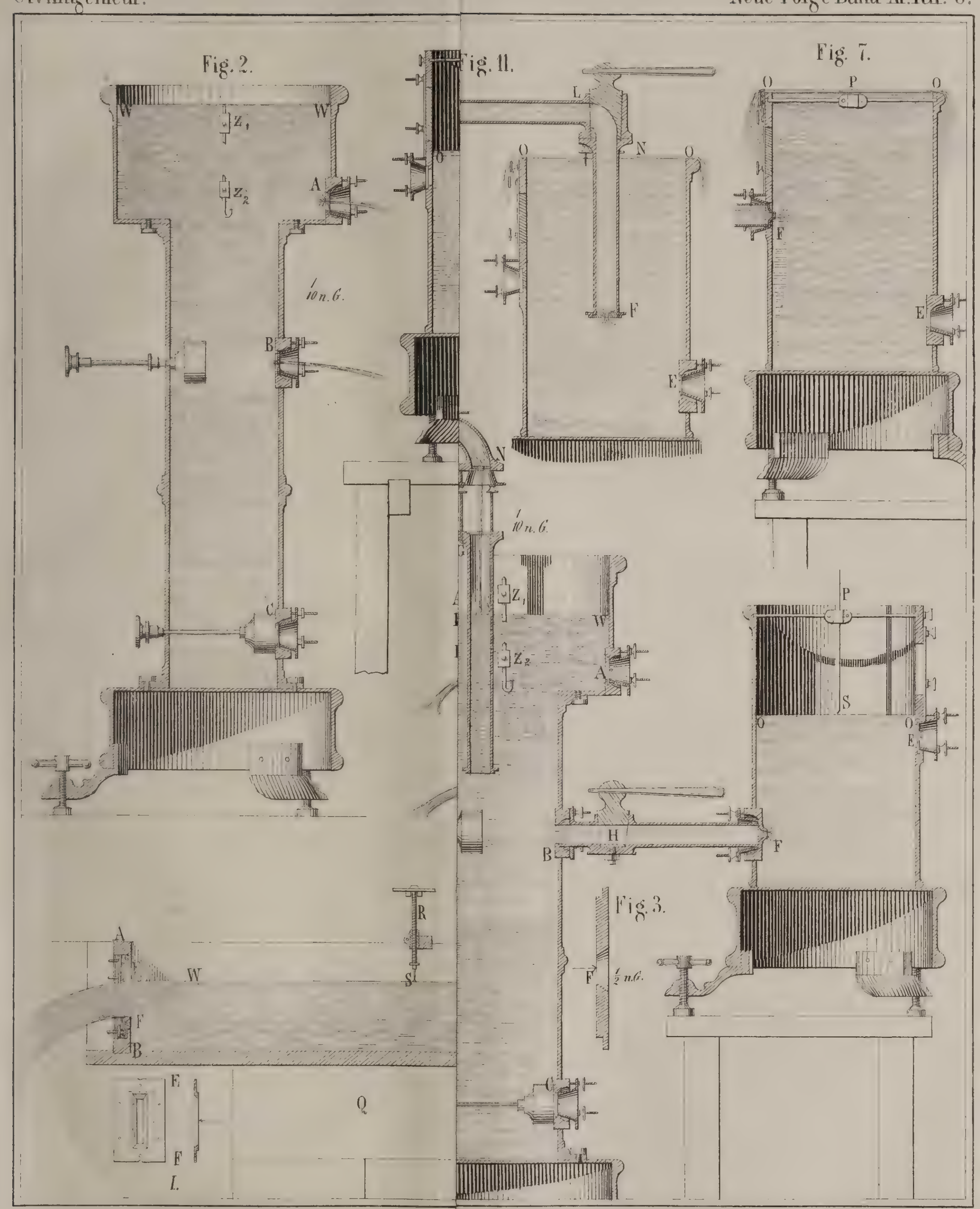
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann. Meifsen.



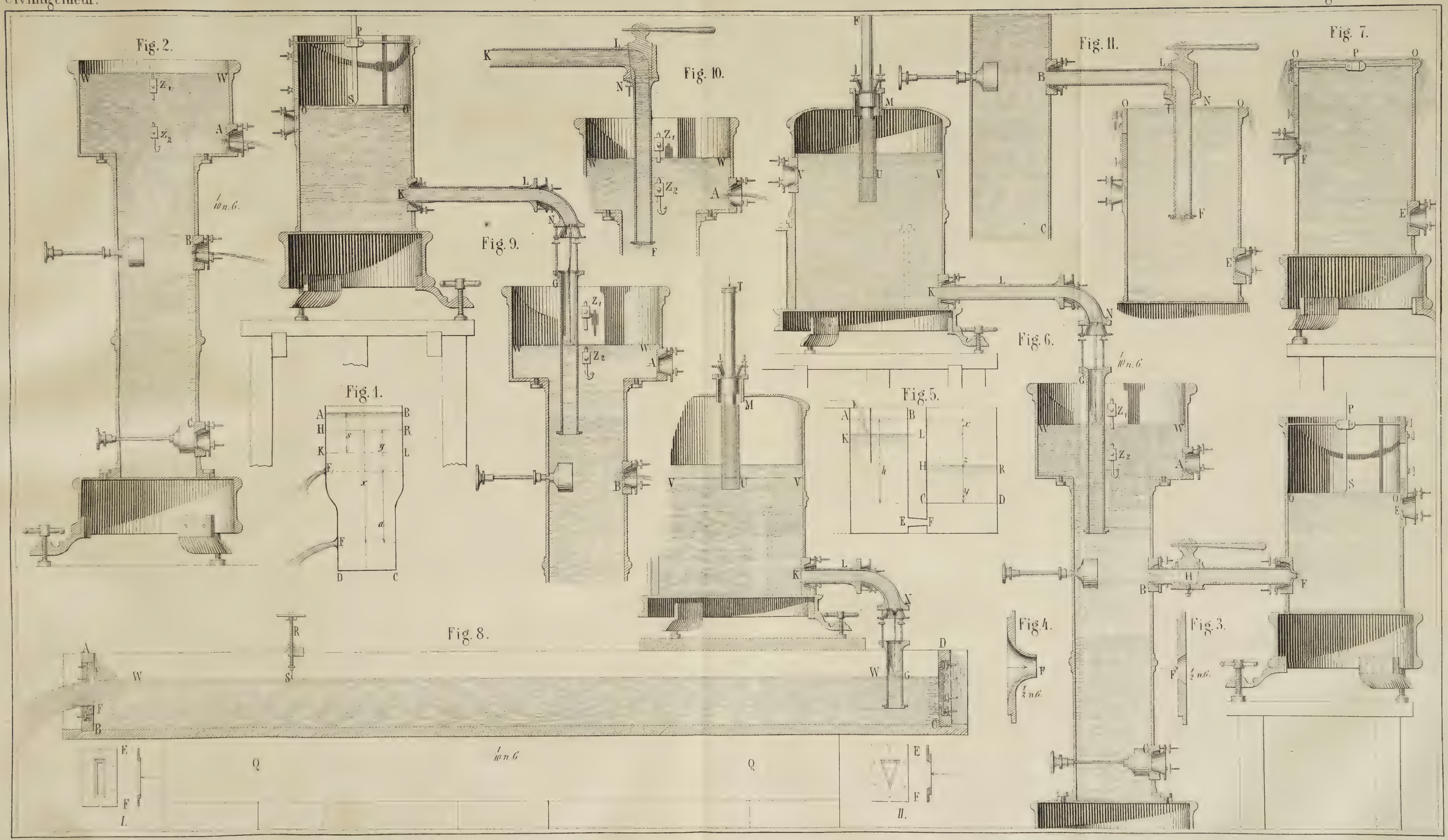
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann. Meißen.



Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meißen.

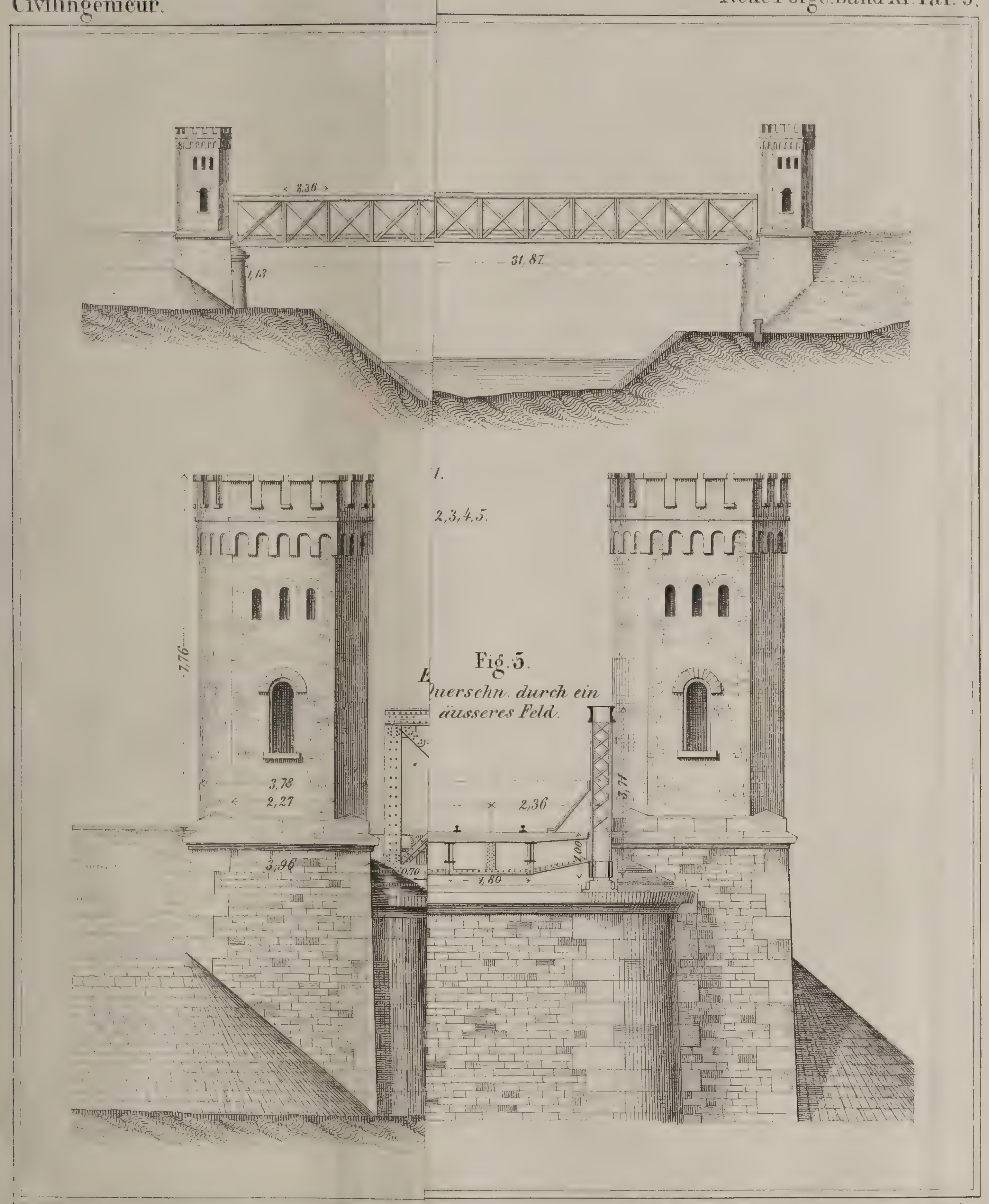


Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



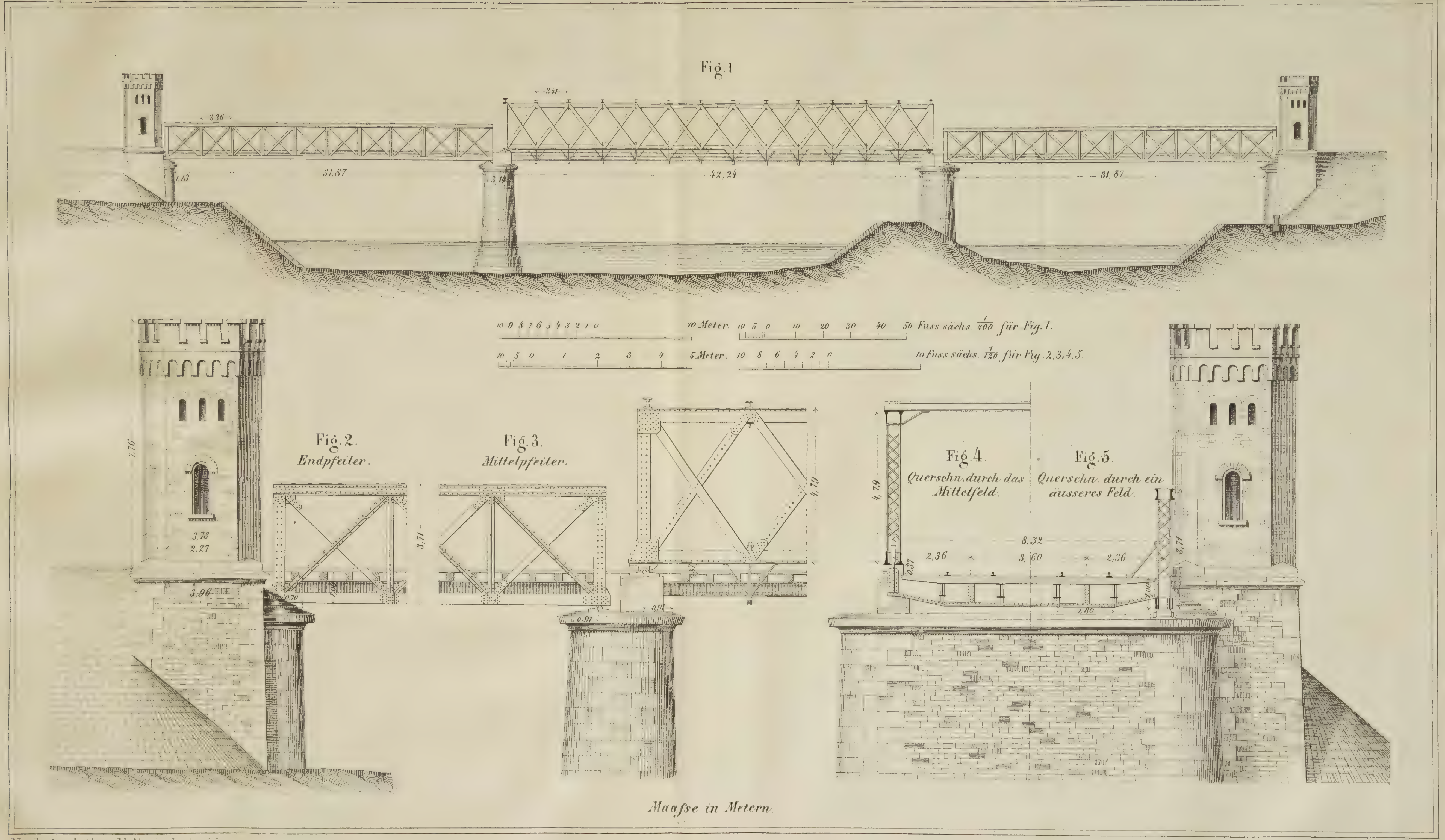
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.

Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meißen.



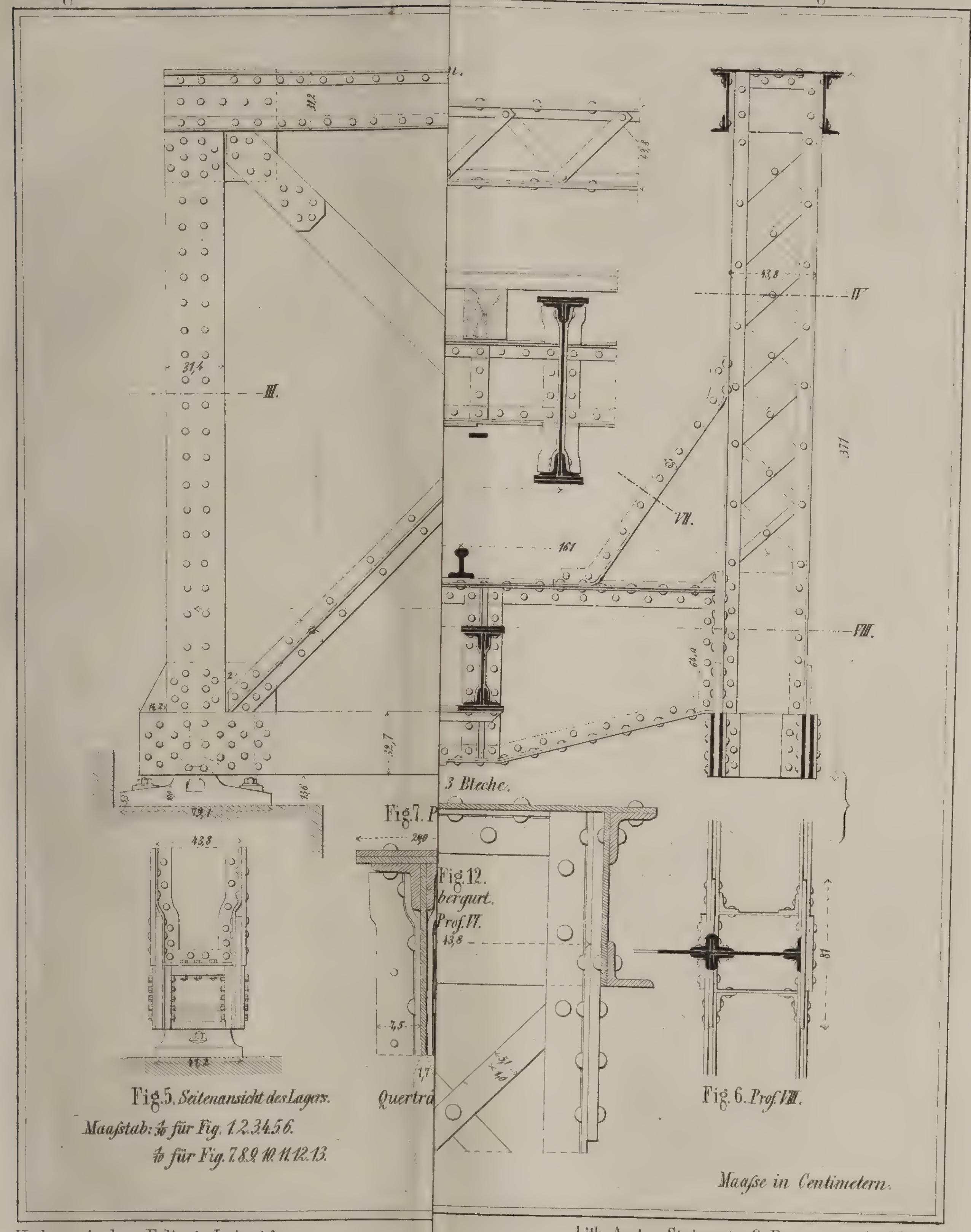
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.

BRÜCKE ÜBER DIE LAHN BEI OBERLAHNSTEIN.

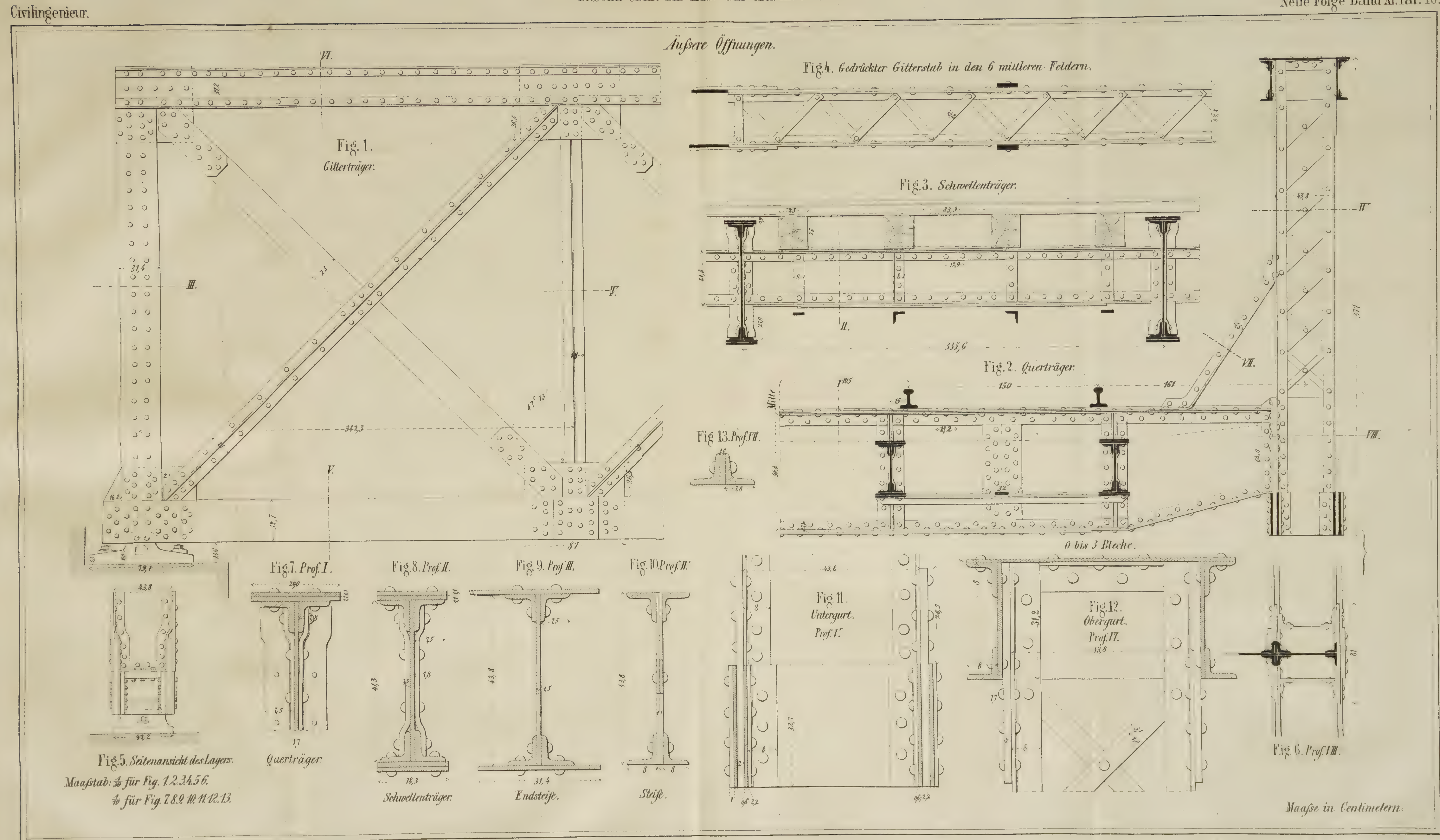


Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.

Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meißen.



Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.



Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.

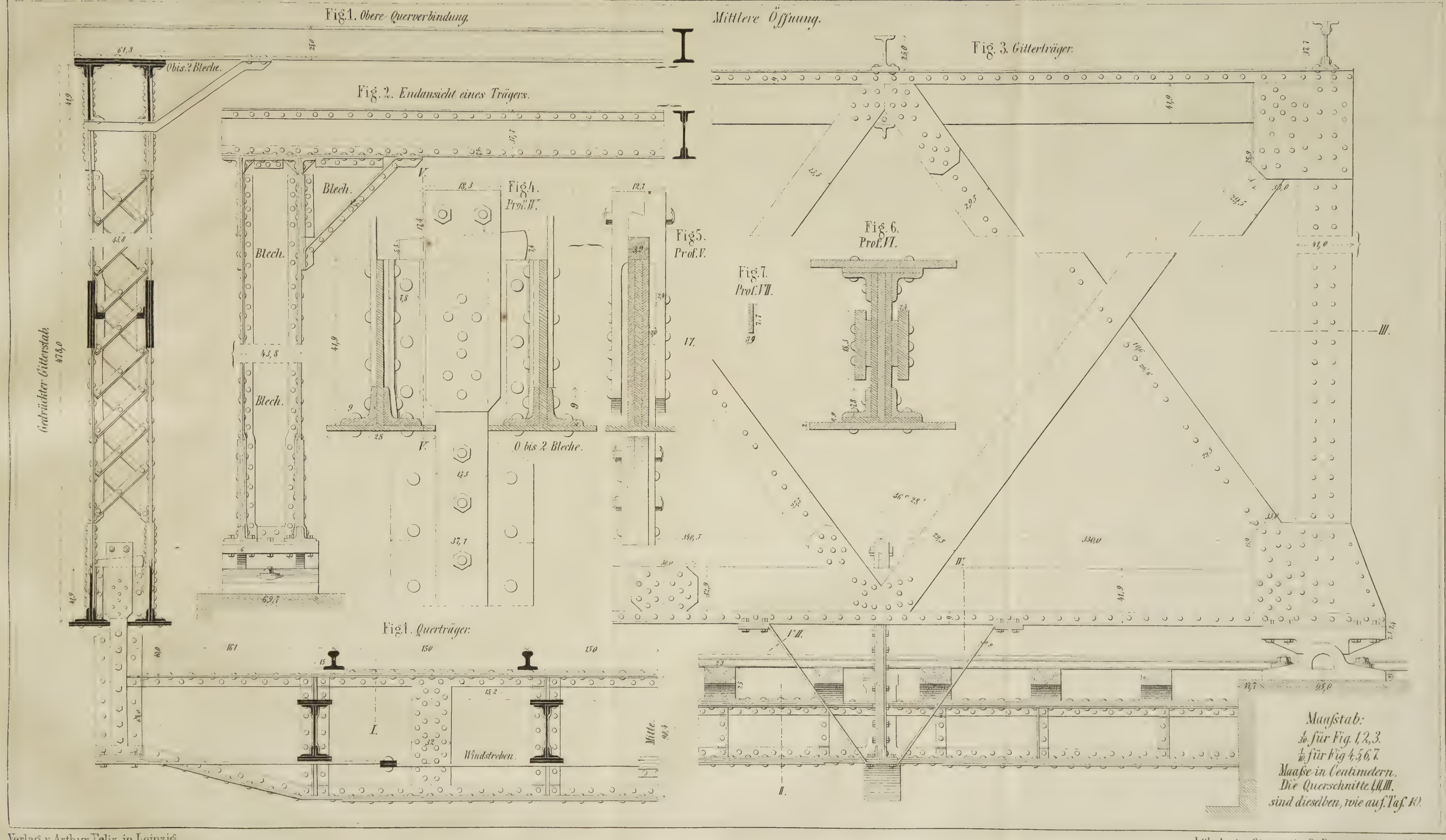
itterträger.

Gedrückter Gitterstab

Maaſstab:
1/30 für Fig. 1, 2, 3.
1/10 für Fig 4, 5, 6, 7.
Maaſse in Centimetern.
Die Querschnitte I, II, III,
sind dieselben, wie auf Taf. 10.

Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.

Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.



Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.

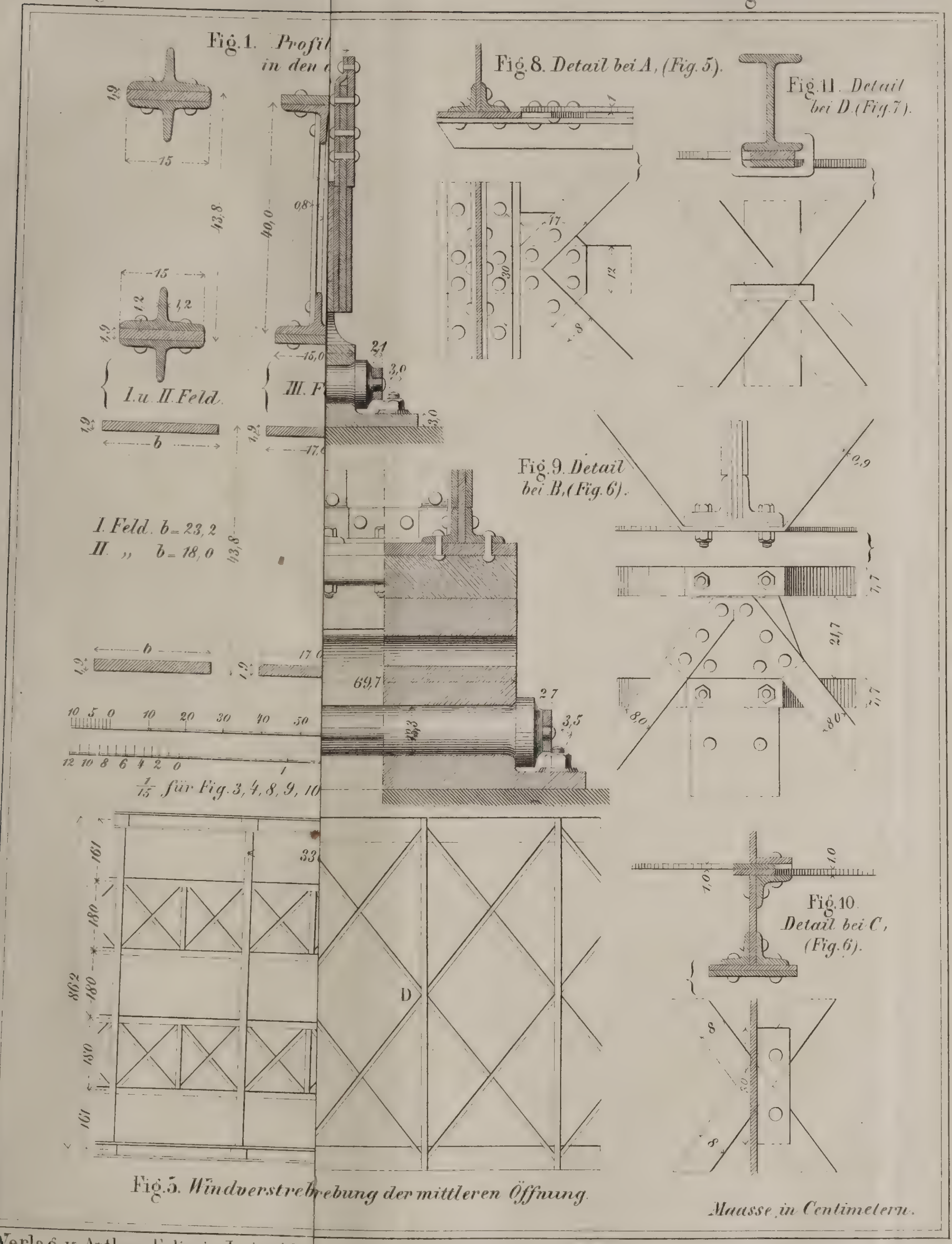
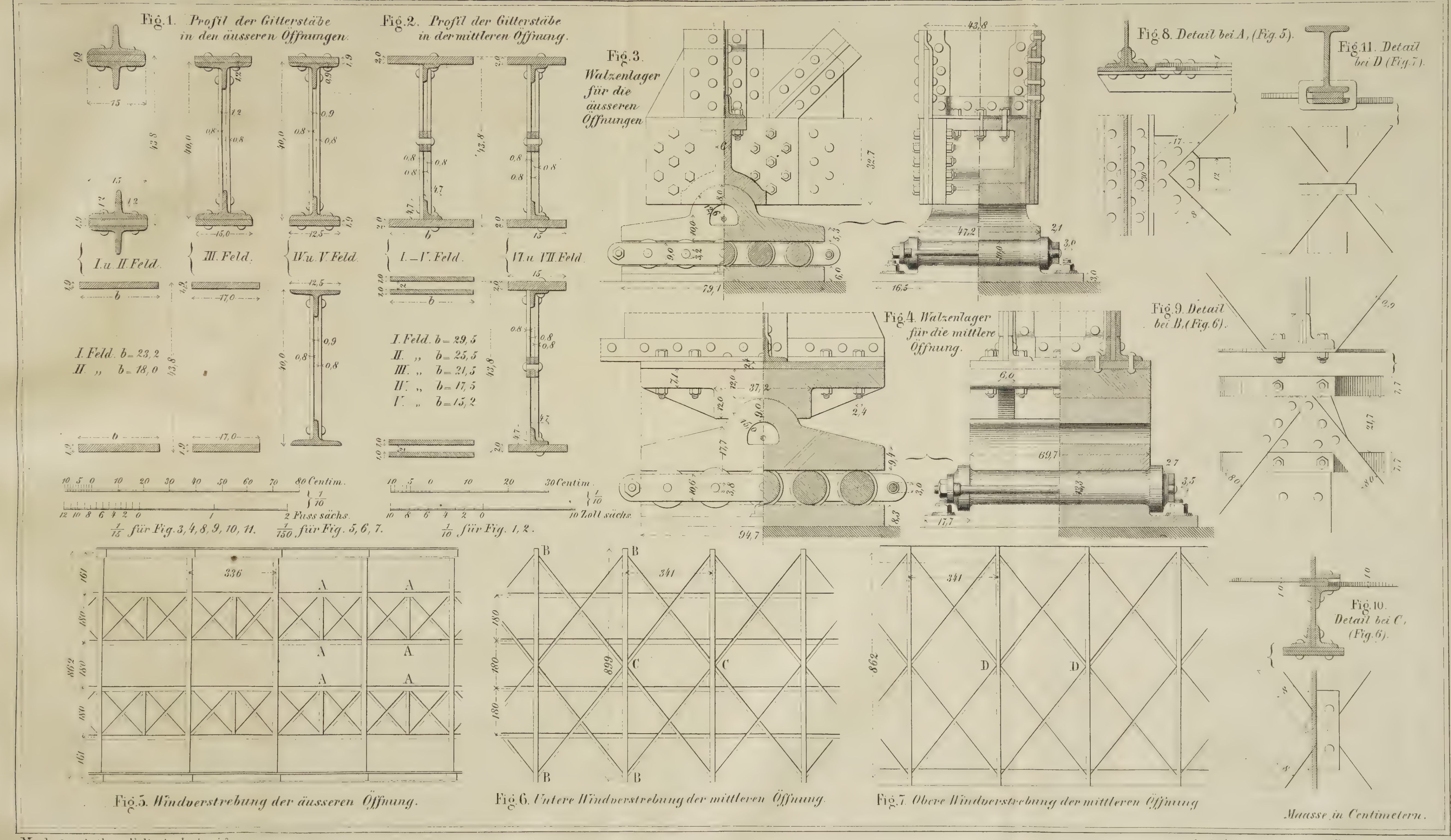
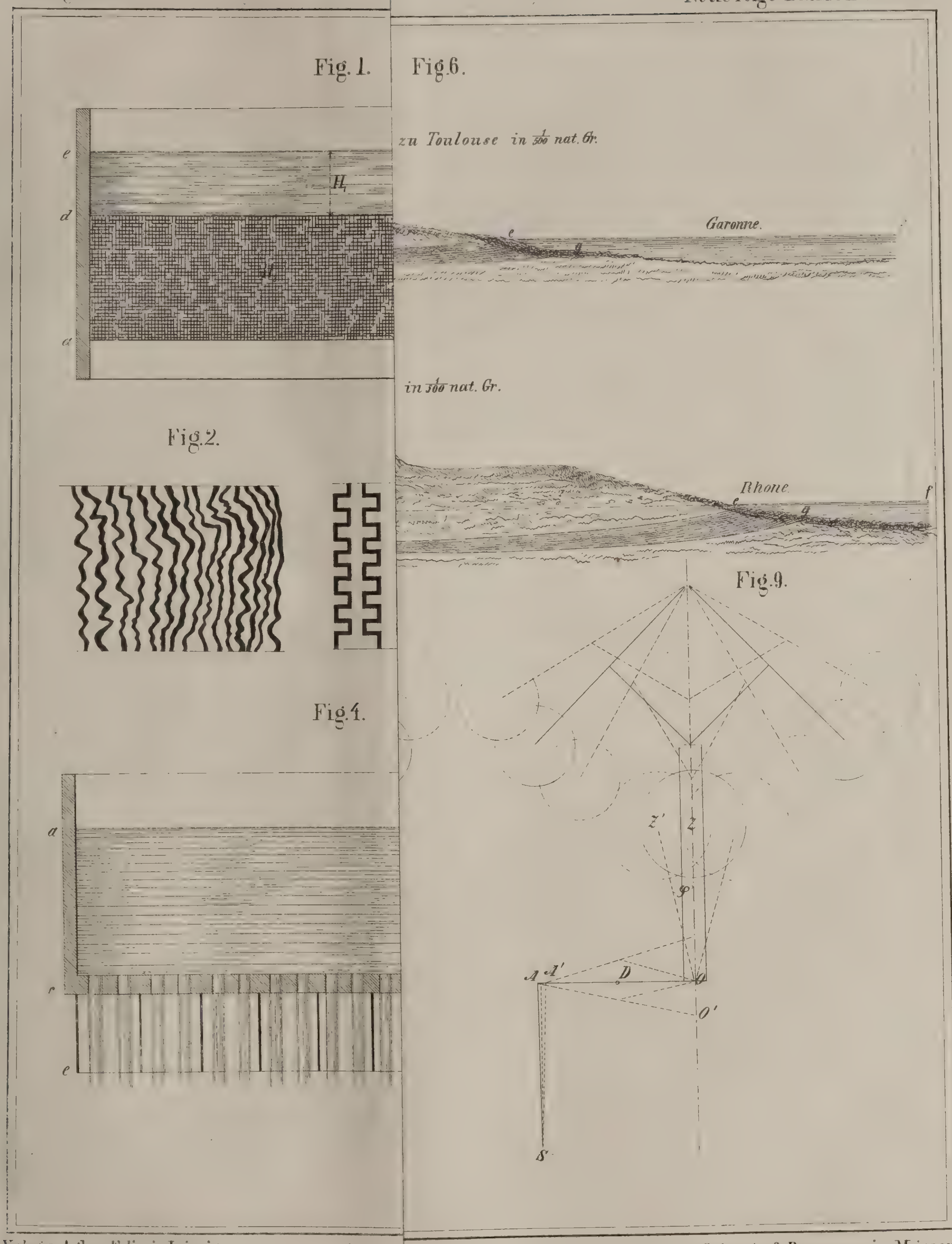
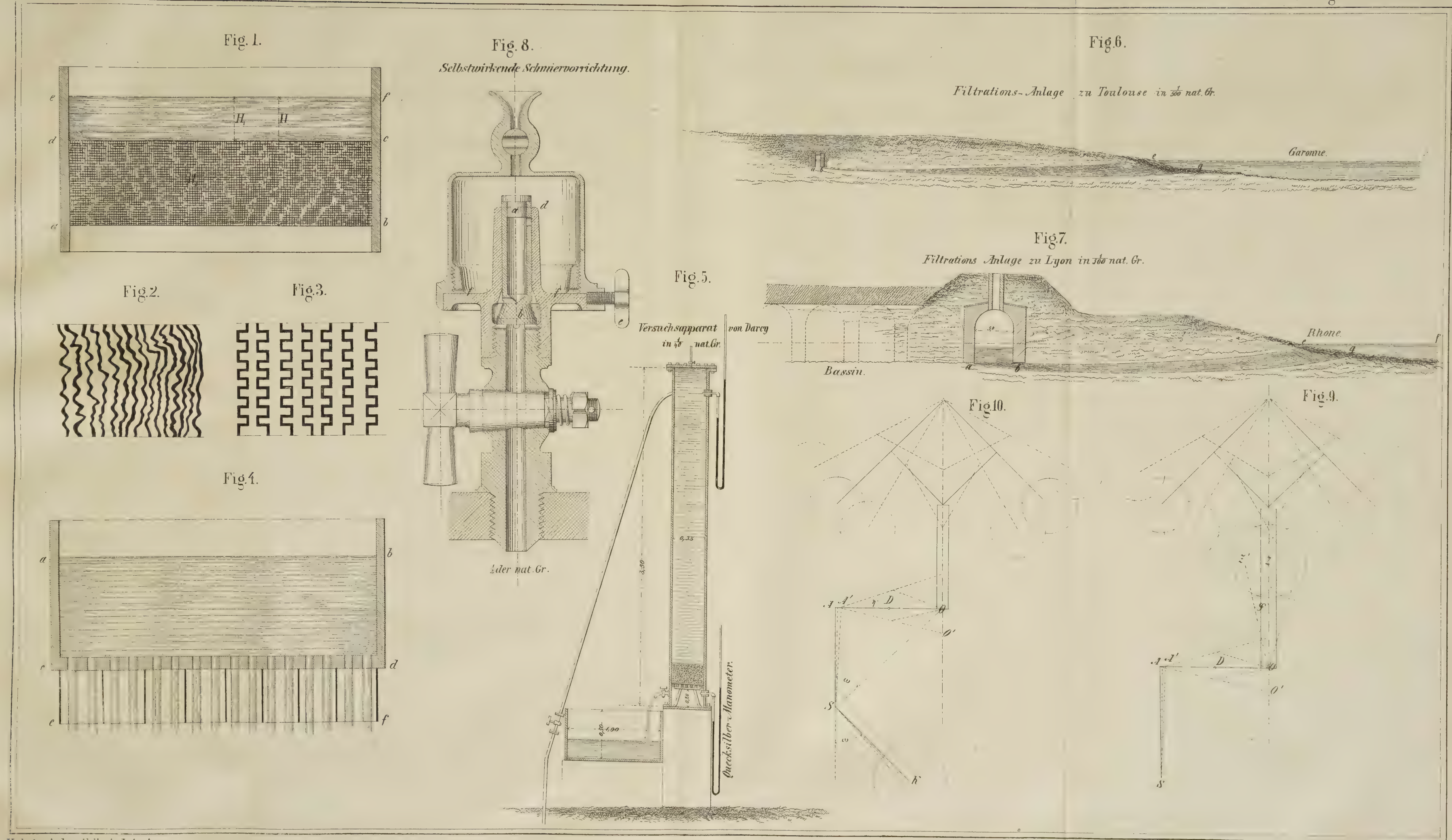


Fig. 5. Windverstrebung der mittleren Öffnung.

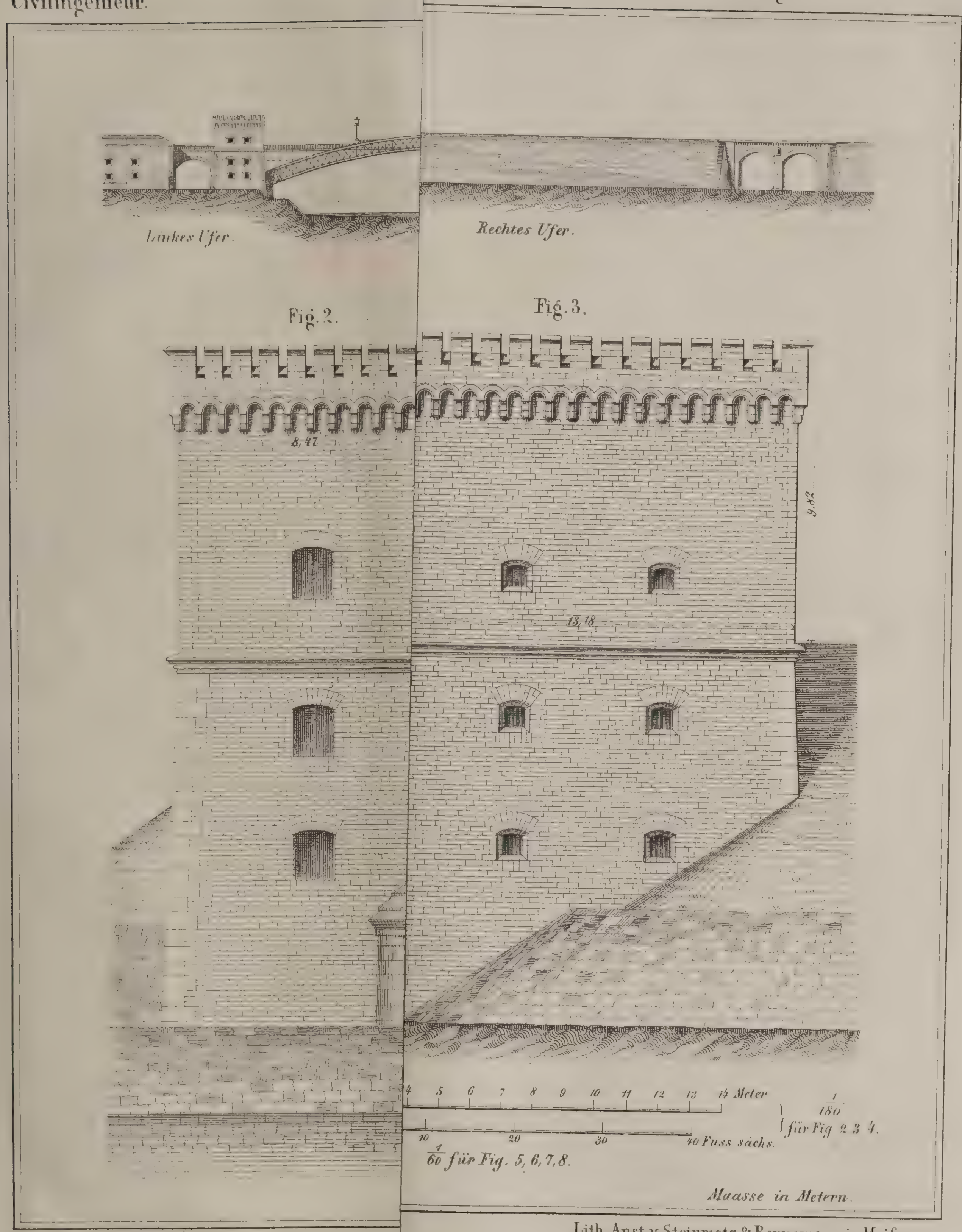
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann. Meißen.


Fig. 1. Profil der Gitterstäbe in den äusseren Öffnungen.
I. u. II. Feld.
III. Feld.
IV. u. V. Feld.
I. Feld. b = 23,2
II. „ b = 18,0
Fig. 2. Profil der Gitterstäbe in der mittleren Öffnung.
I.–V. Feld.
VI. u. VII. Feld.
I. Feld. b = 29,5
II. „ b = 25,5
III. „ b = 21,5
IV. „ b = 17,5
V. „ b = 15,2
Fig. 3. Walzenlager für die äusseren Öffnungen
Fig. 4. Walzenlager für die mittlere Öffnung.
Fig. 8. Detail bei A, (Fig. 5).
Fig. 9. Detail bei B, (Fig. 6).
Fig. 10. Detail bei C, (Fig. 6).
Fig. 11. Detail bei D (Fig. 7).
80 Centim.
2 Fuss sächs.
1/15 für Fig. 3, 4, 8, 9, 10, 11.
1/150 für Fig. 5, 6, 7.
30 Centim.
10 Zoll sächs.
1/10 für Fig. 1, 2.
Fig. 5. Windverstrebung der äusseren Öffnung.
Fig. 6. Untere Windverstrebung der mittleren Öffnung.
Fig. 7. Obere Windverstrebung der mittleren Öffnung.
Maasse in Centimetern.


Fig. 1.
Fig. 6.
zu Toulouse in 1/500 nat. Gr.
Garonne.
in 1/500 nat. Gr.
Fig. 2.
Rhone.
Fig. 9.
Fig. 4.

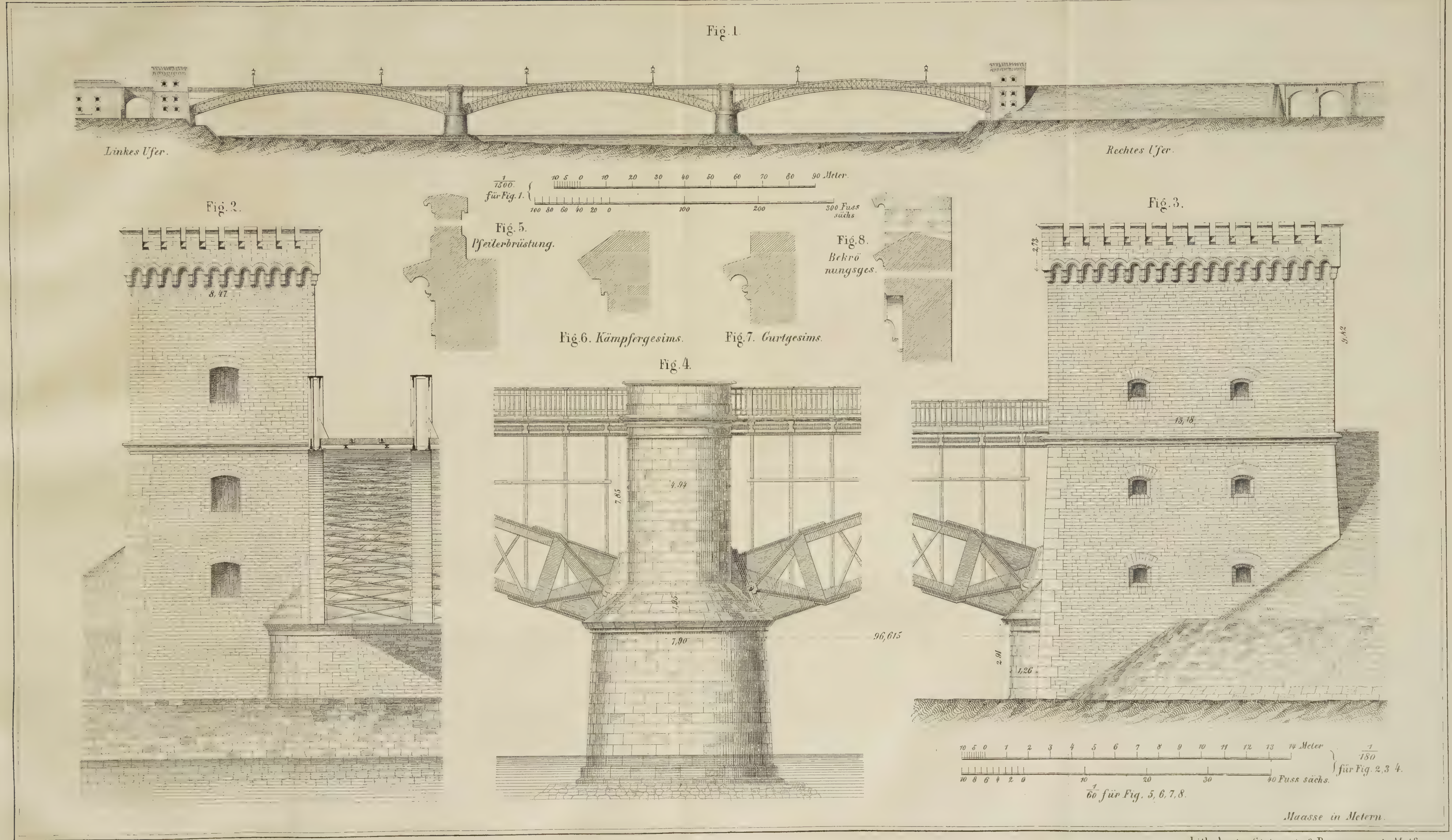


Verlag v. Arthur Felix in Leipzig
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.



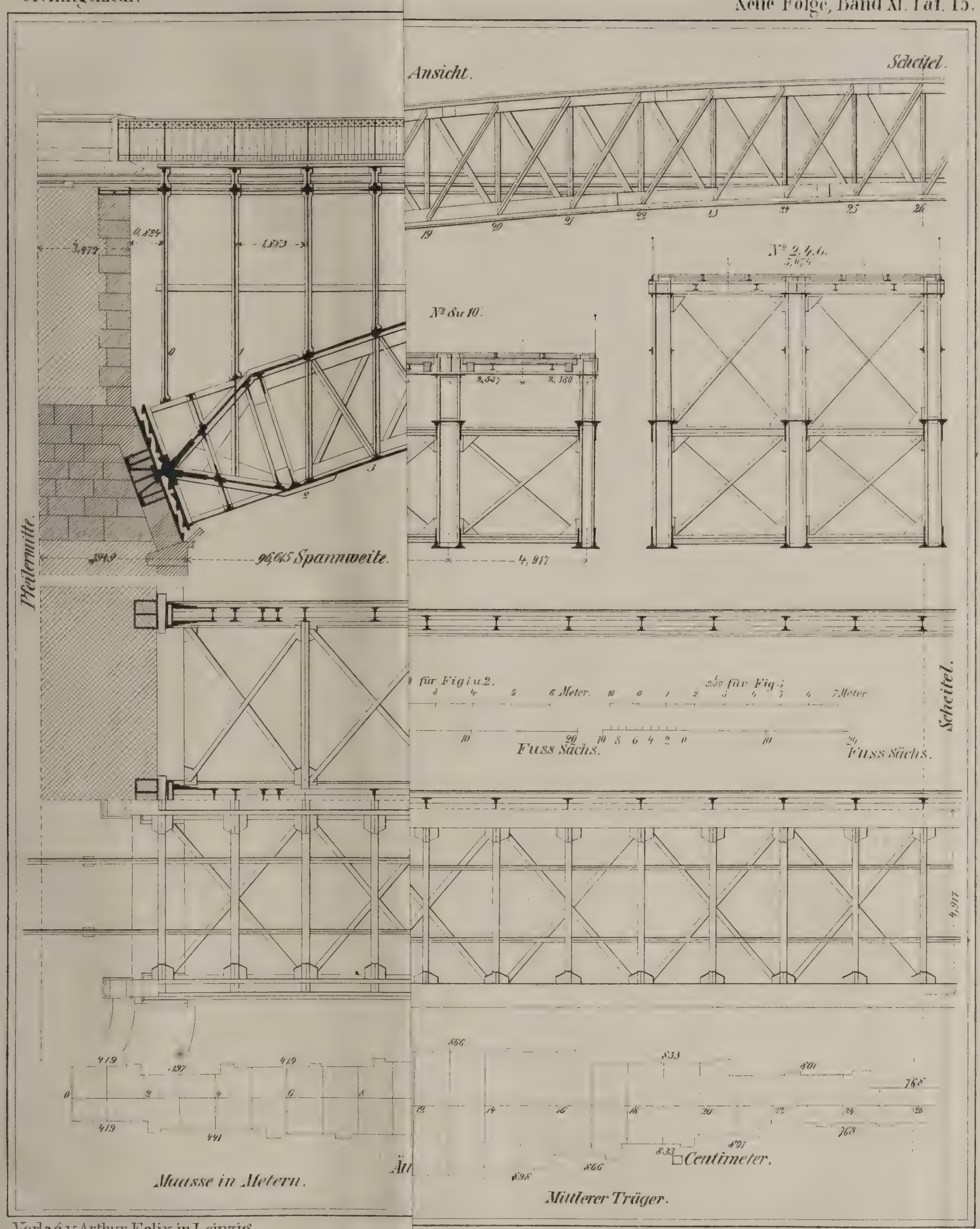
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.

Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.

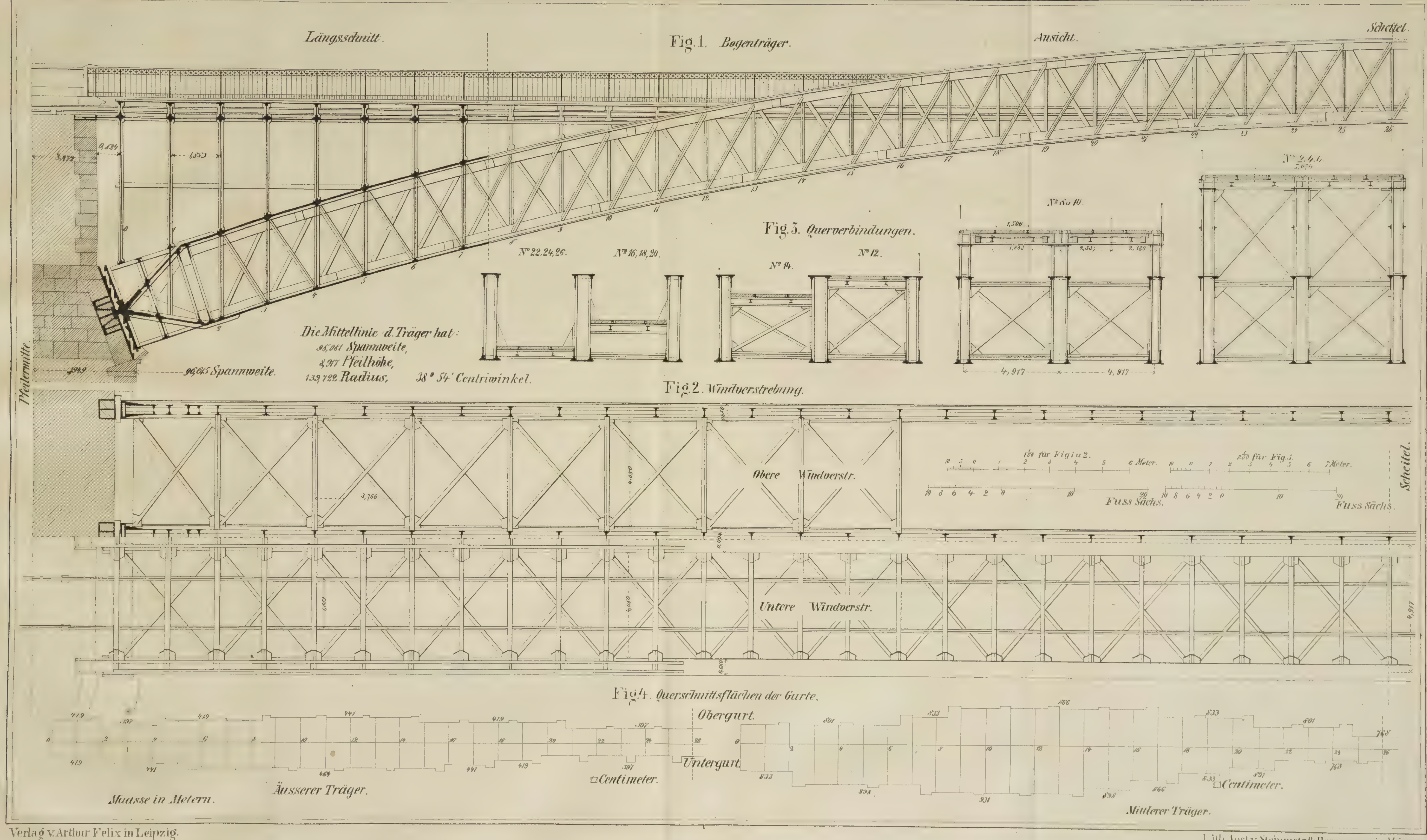


Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.

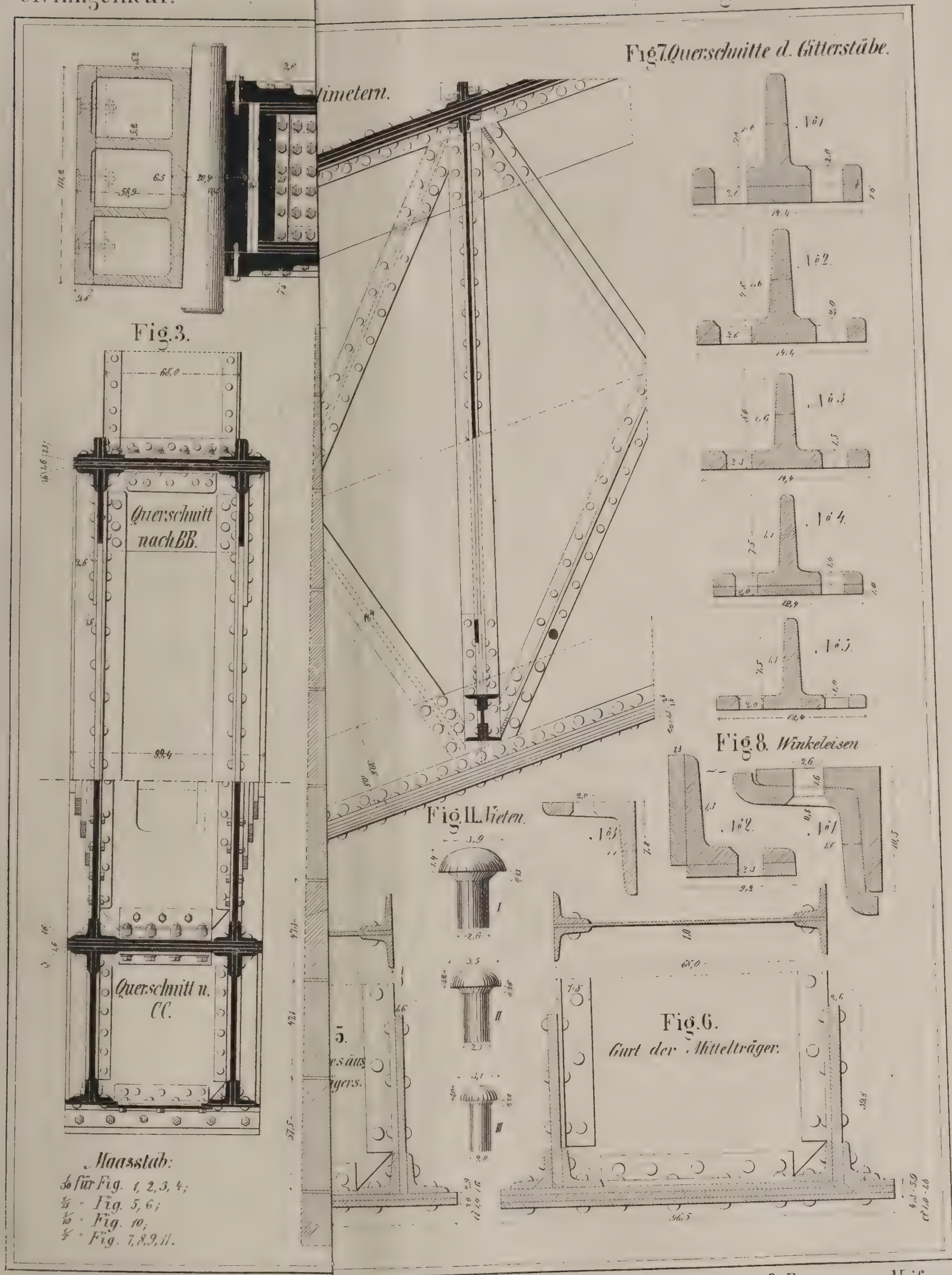
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.



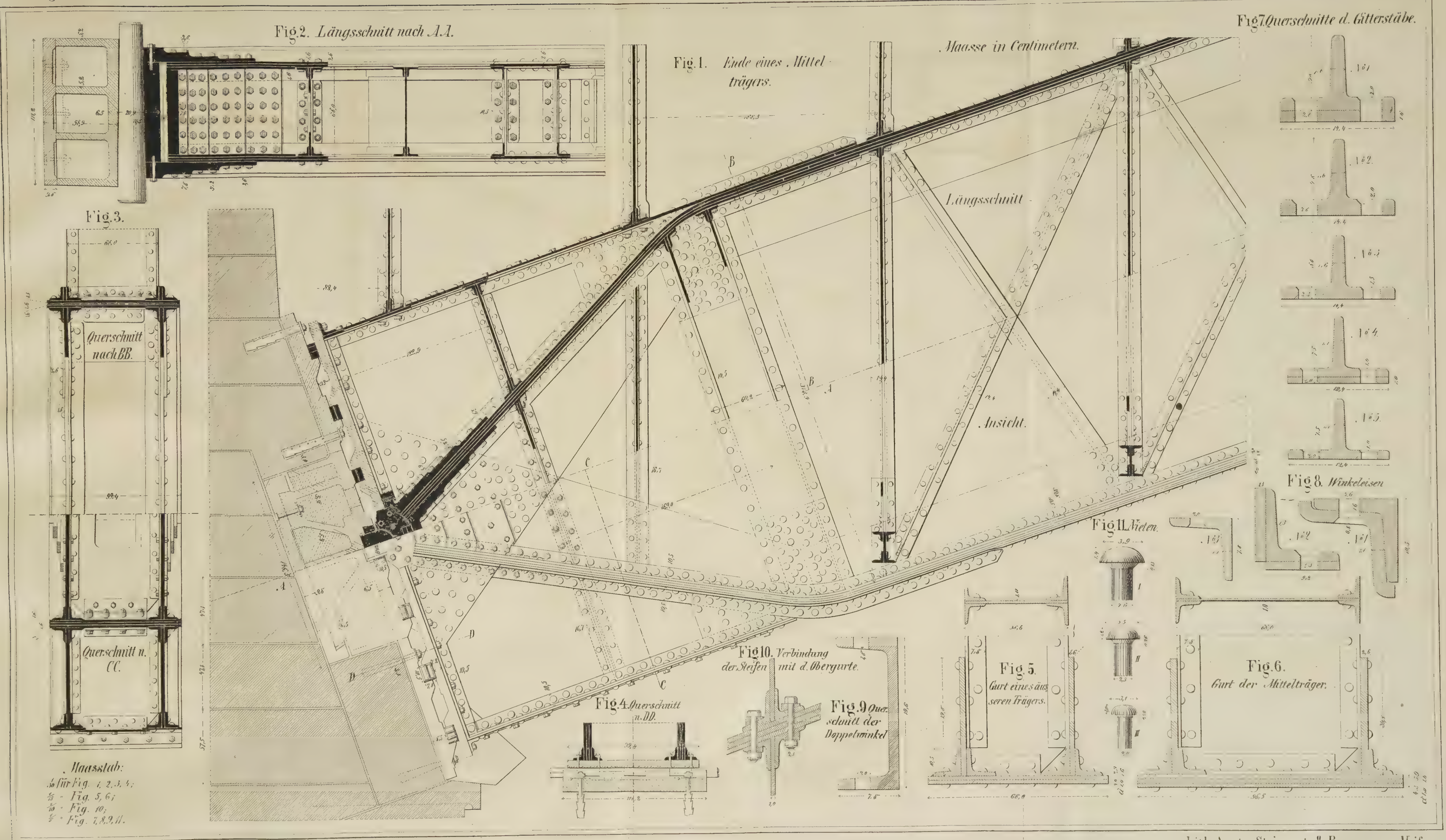
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.



Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.

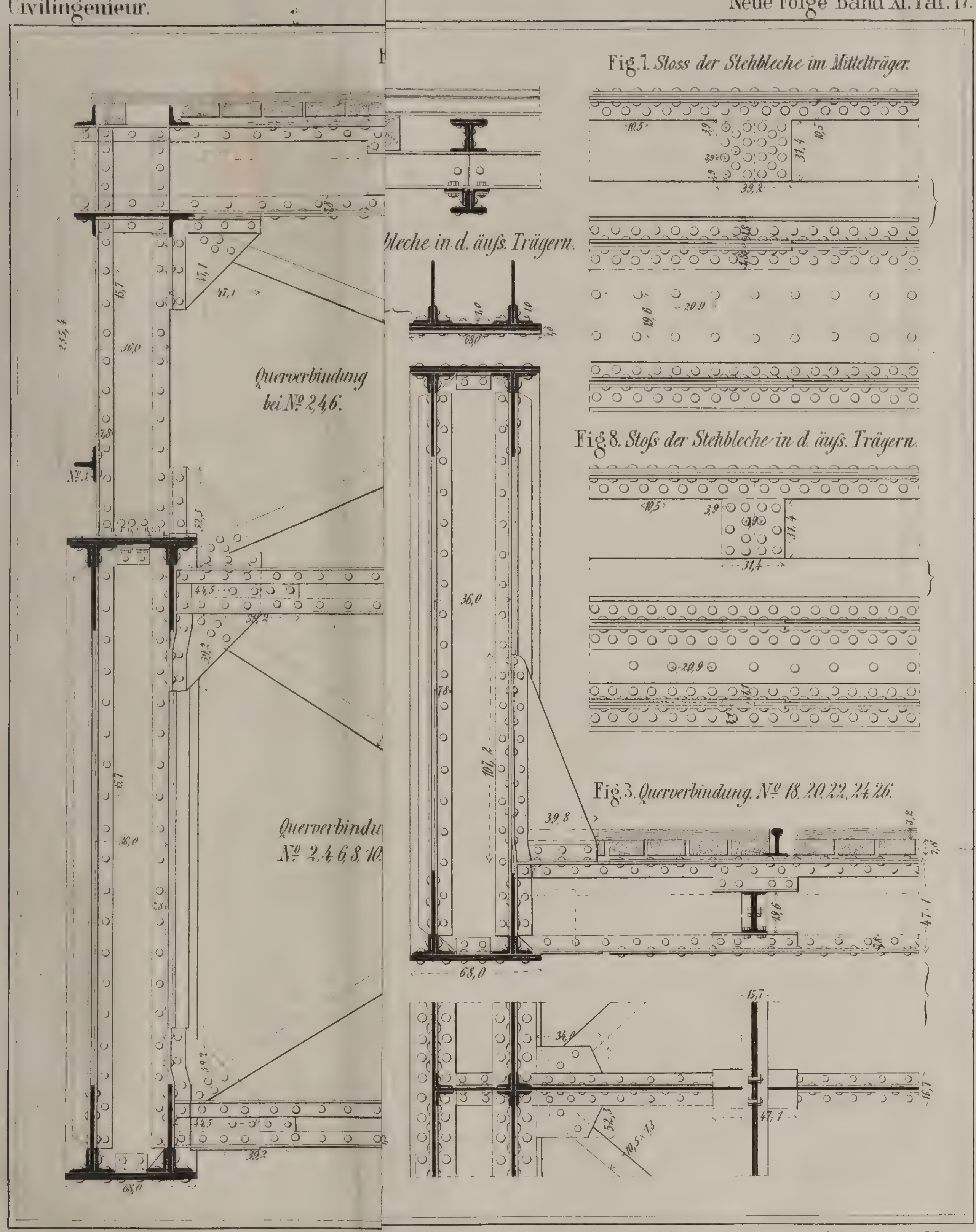


timetern.
Fig.7. Querschnitte d. Gitterstäbe.
Fig.3.
Querschnitt nach BB.
Querschnitt n. CC.
Fig.8. Winkeleisen
Fig.11. Nieten.
Fig.6.
Gurt der Mittelträger.
Maasstab:
1/30 für Fig. 1, 2, 3, 4;
1/15 " Fig. 5, 6;
1/10 " Fig. 10;
1/3 " Fig. 7, 8, 9, 11.

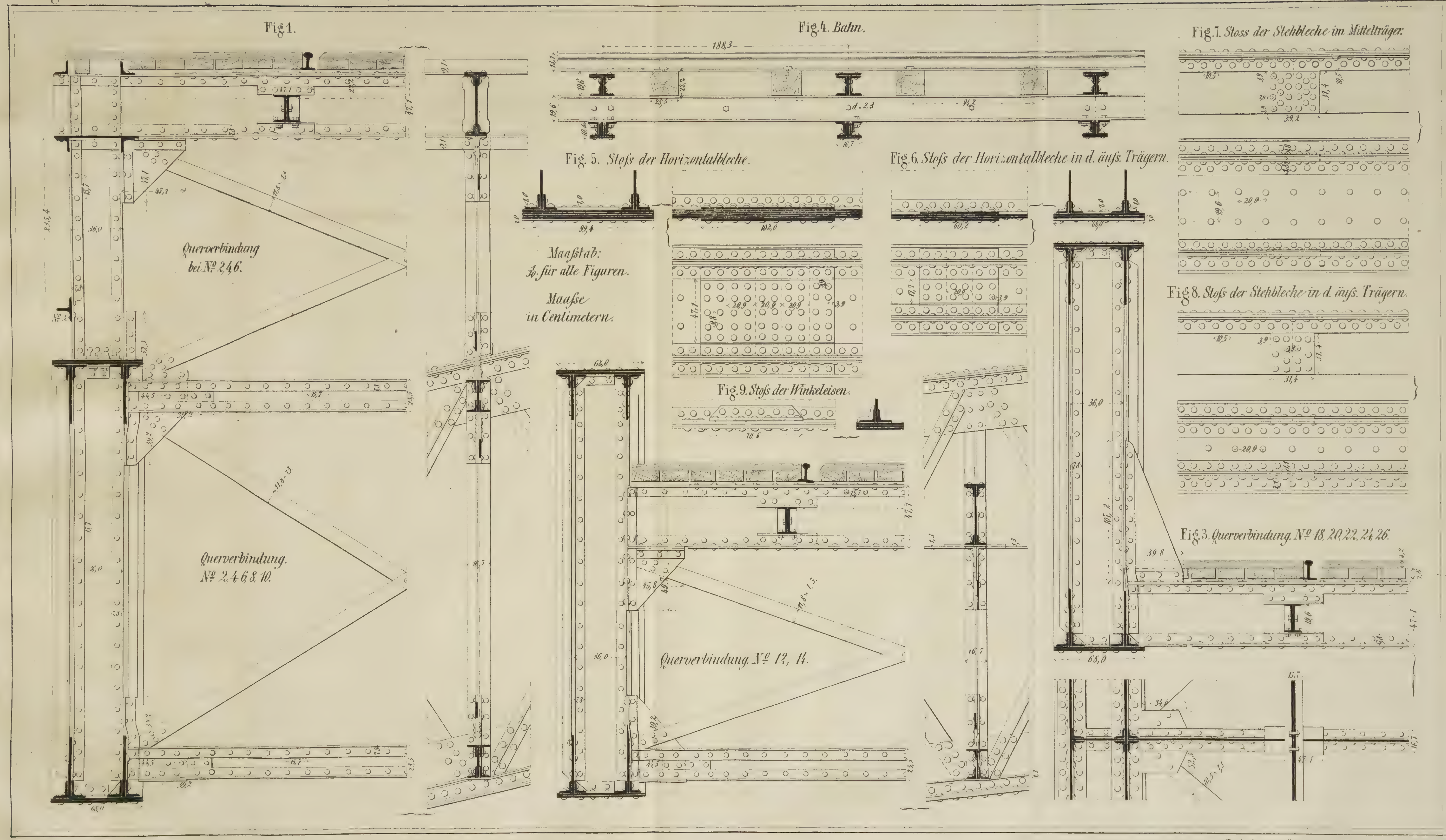


Verlag v. Arthur Felix in Leipzig

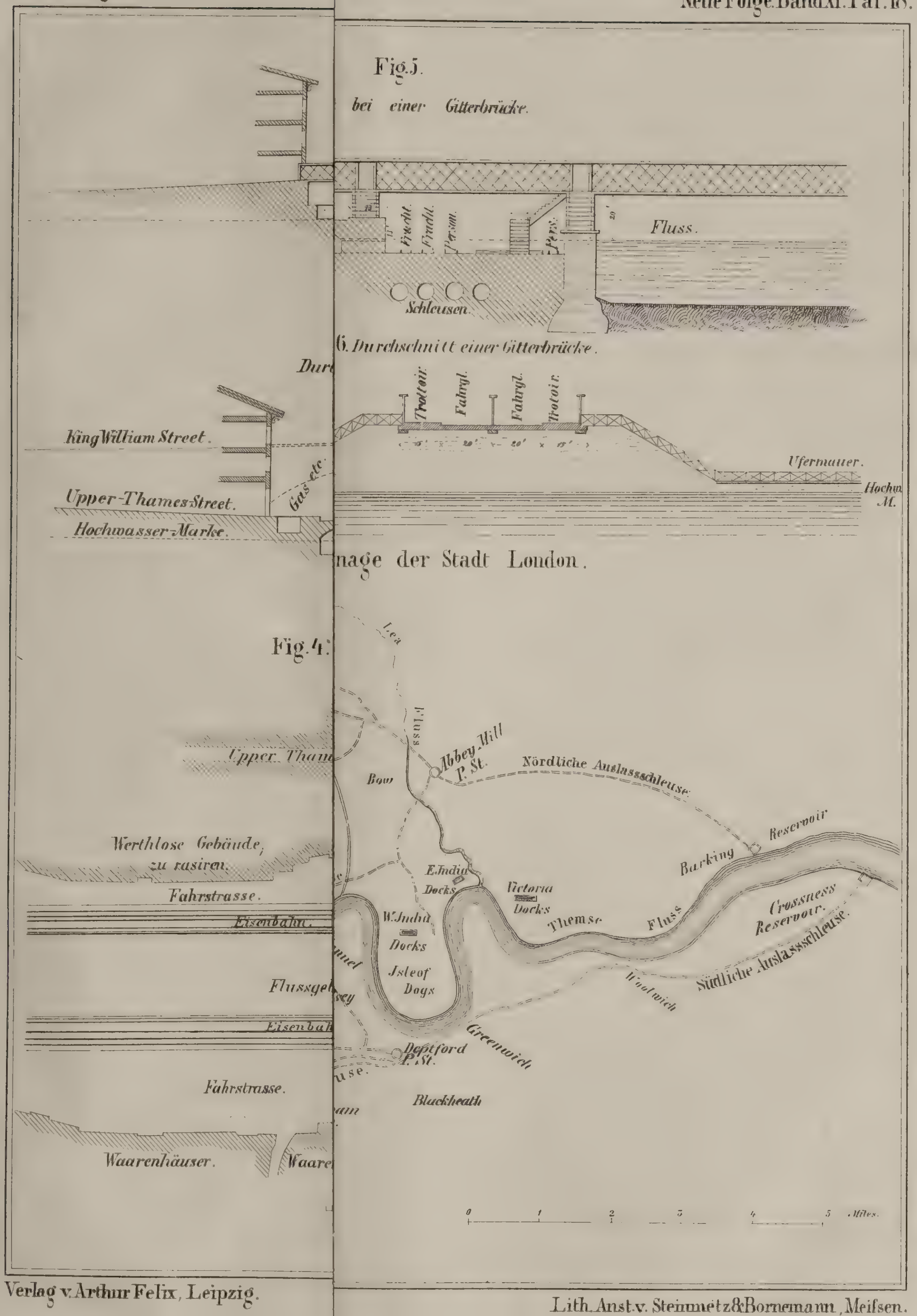
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



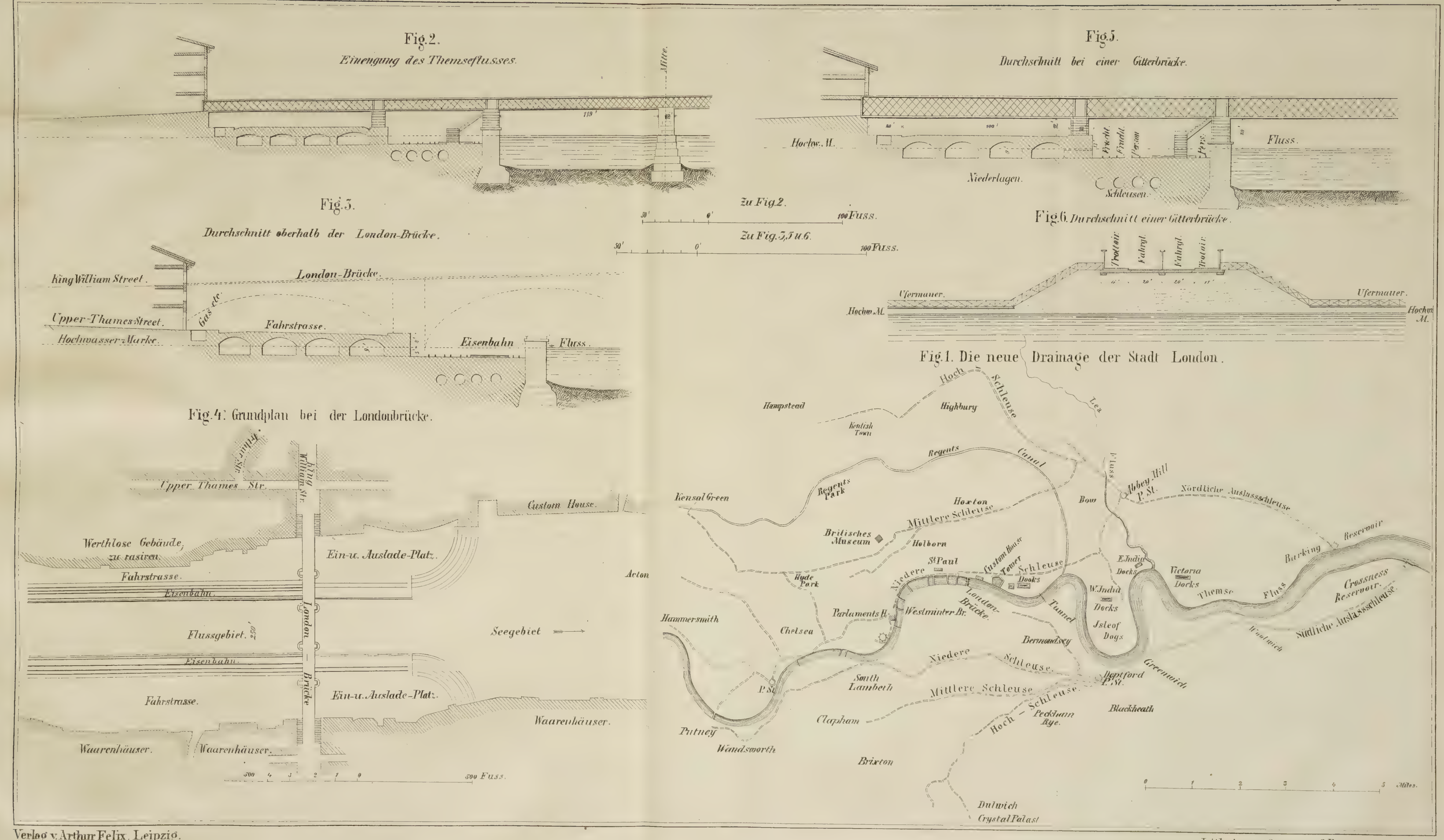
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meiſsen.



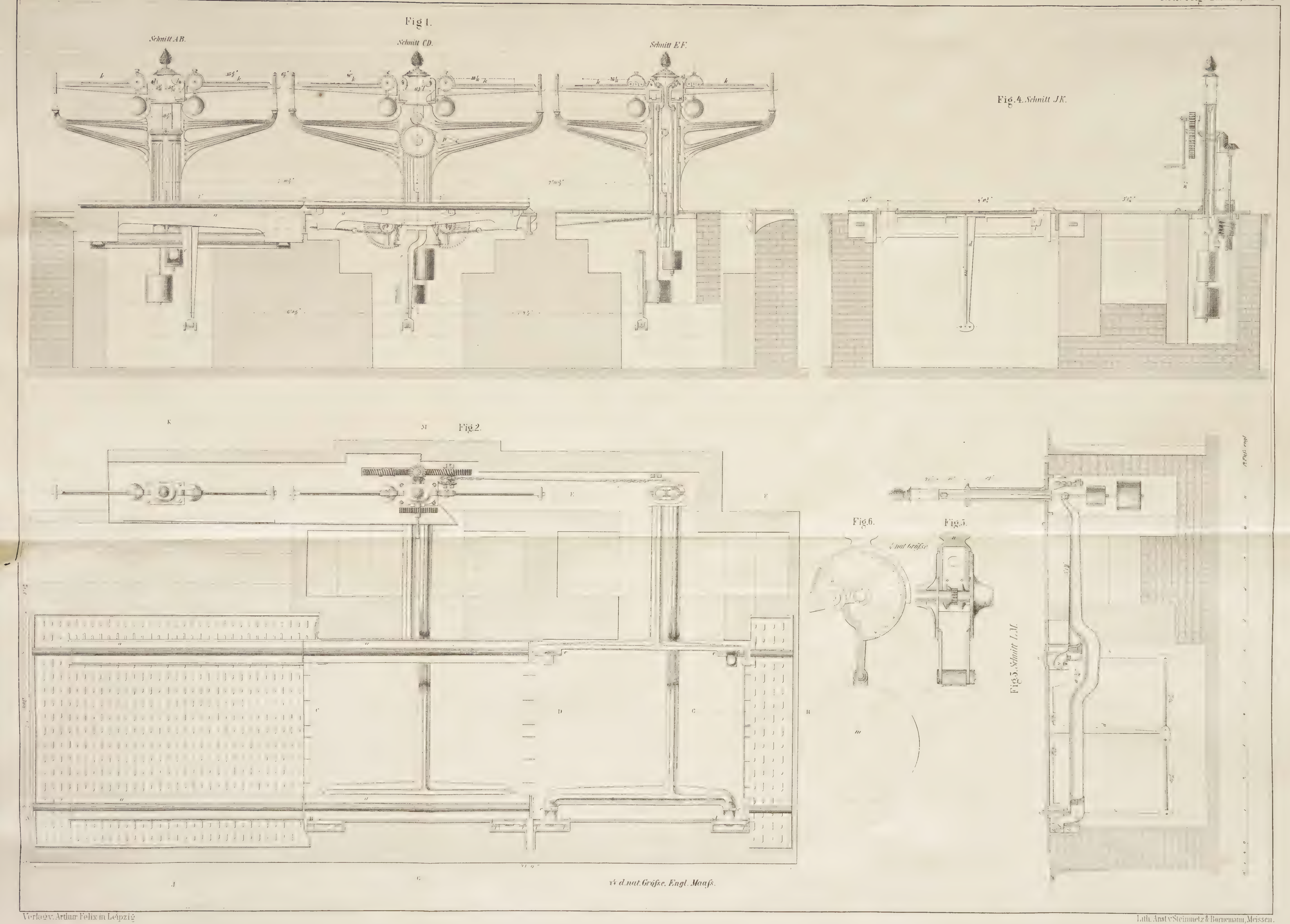
Verlag v. Arthur Felix in Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meissen.

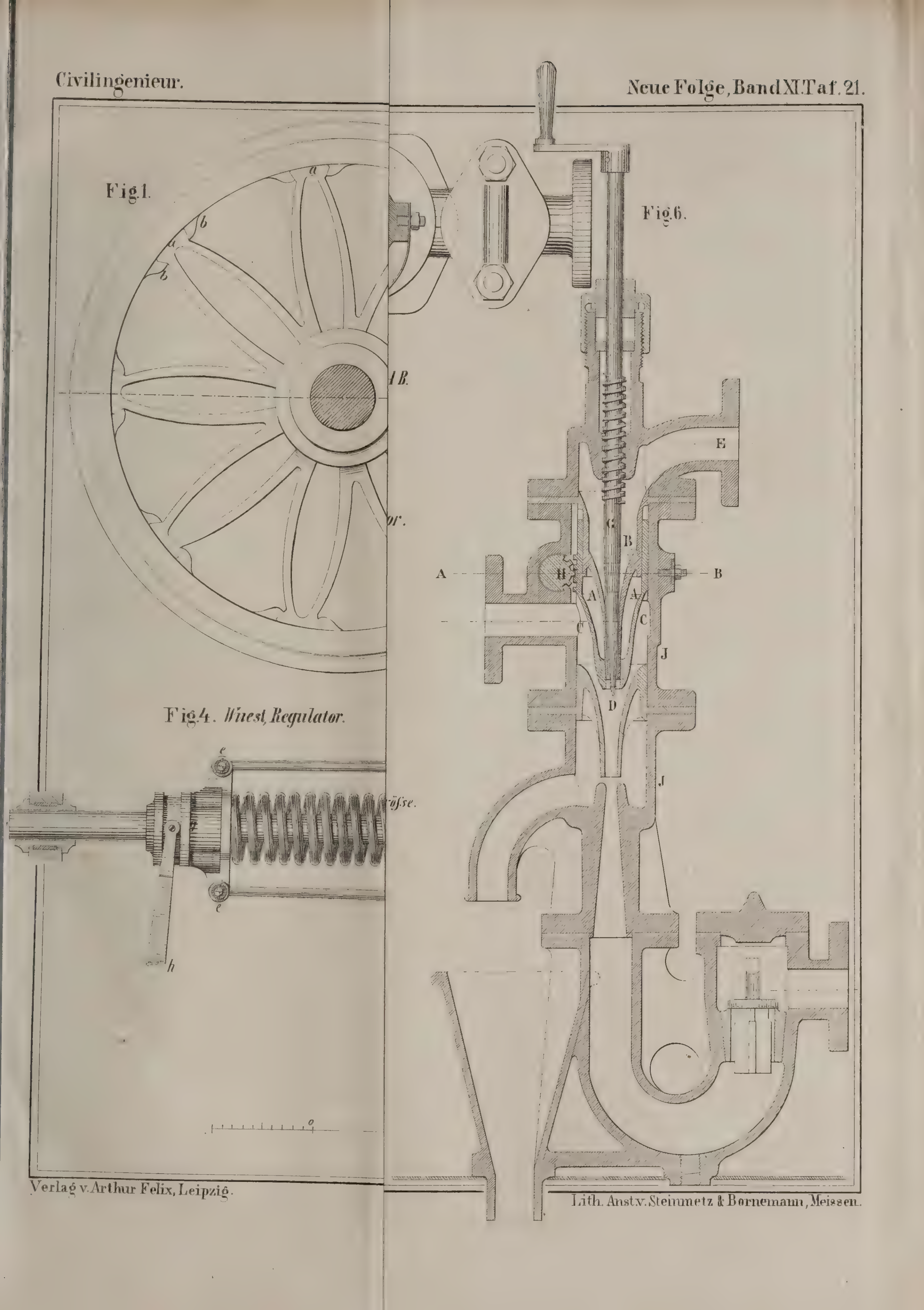


Verlag v. Arthur Felix, Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meißen.

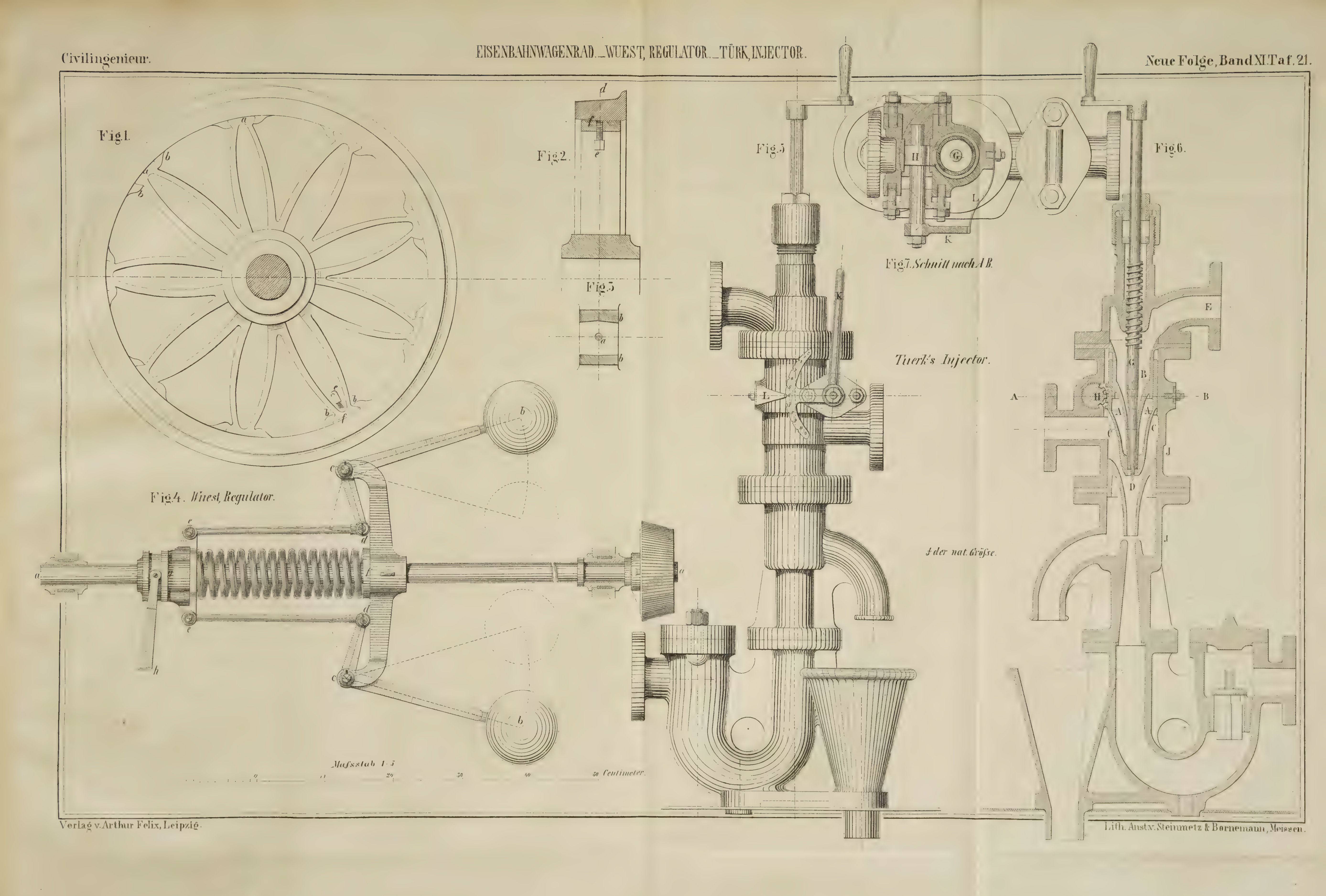


Verlag v. Arthur Felix, Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meißen.

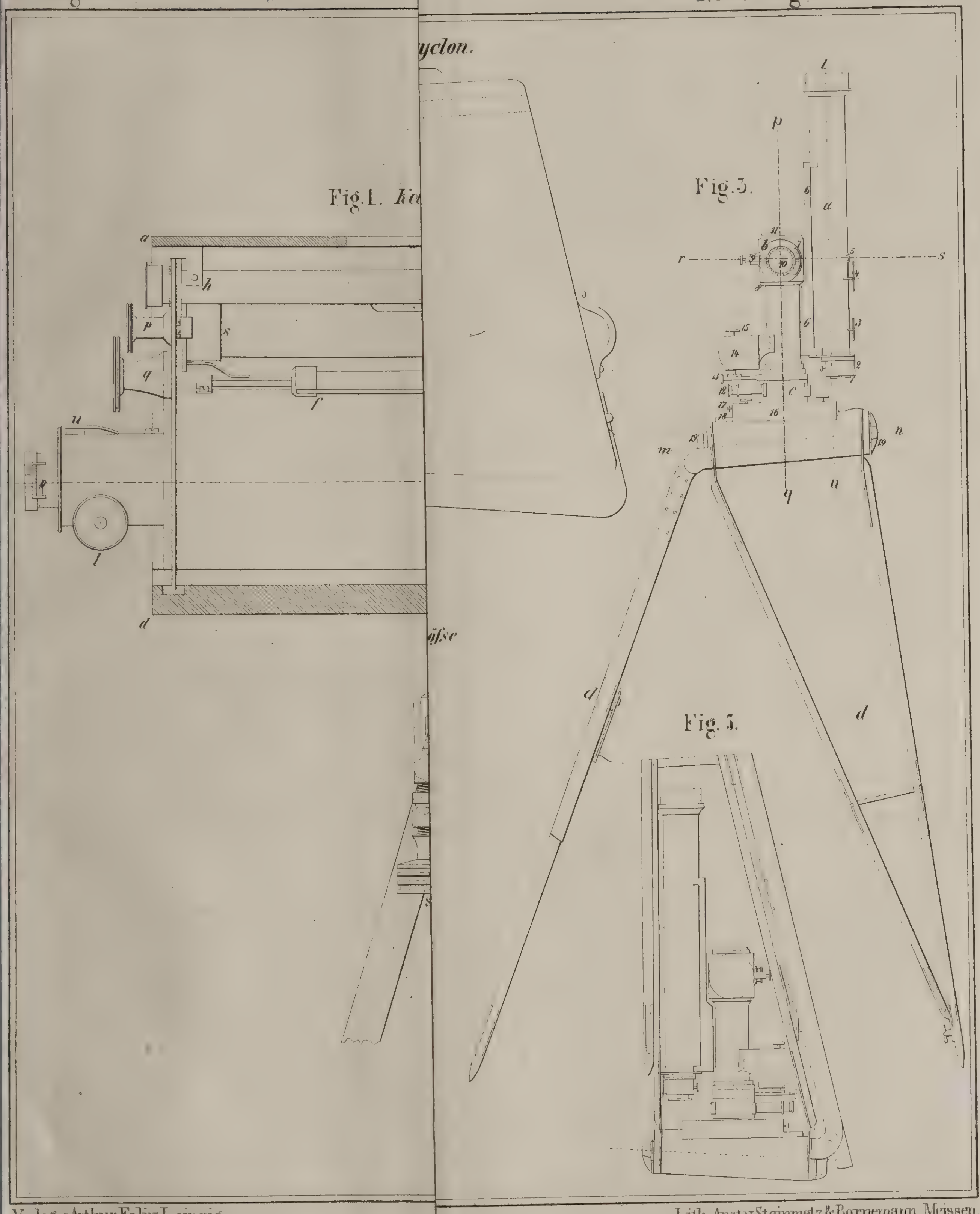

Fig 1.
Schnitt AB.
Schnitt CD.
Schnitt EF.
Fig. 4. Schnitt JK.
Fig. 2.
Fig. 6.
Fig. 5.
Fig. 3. Schnitt LM.
¼ d. nat. Größe. Engl. Maaß.



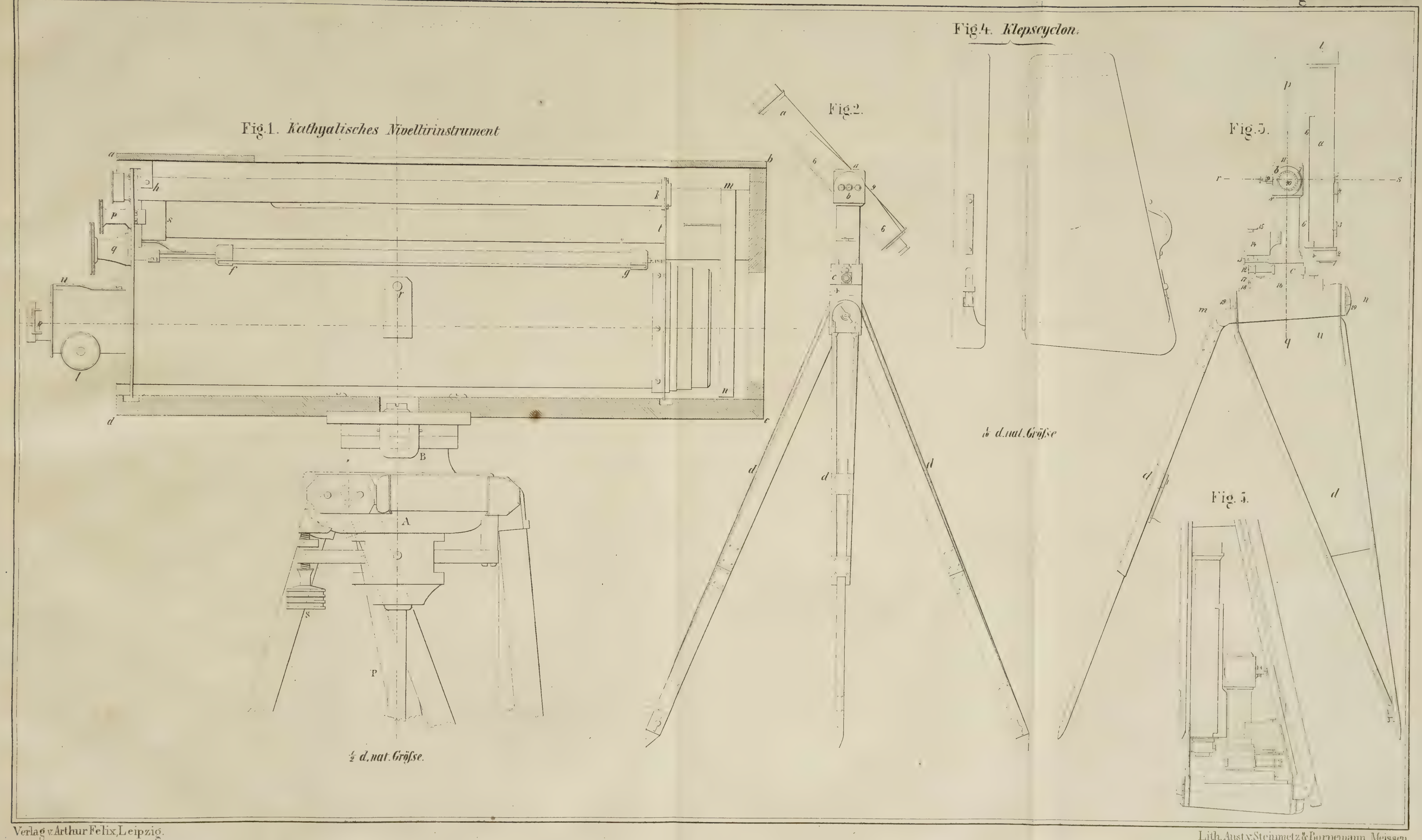
Verlag v. Arthur Felix, Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.

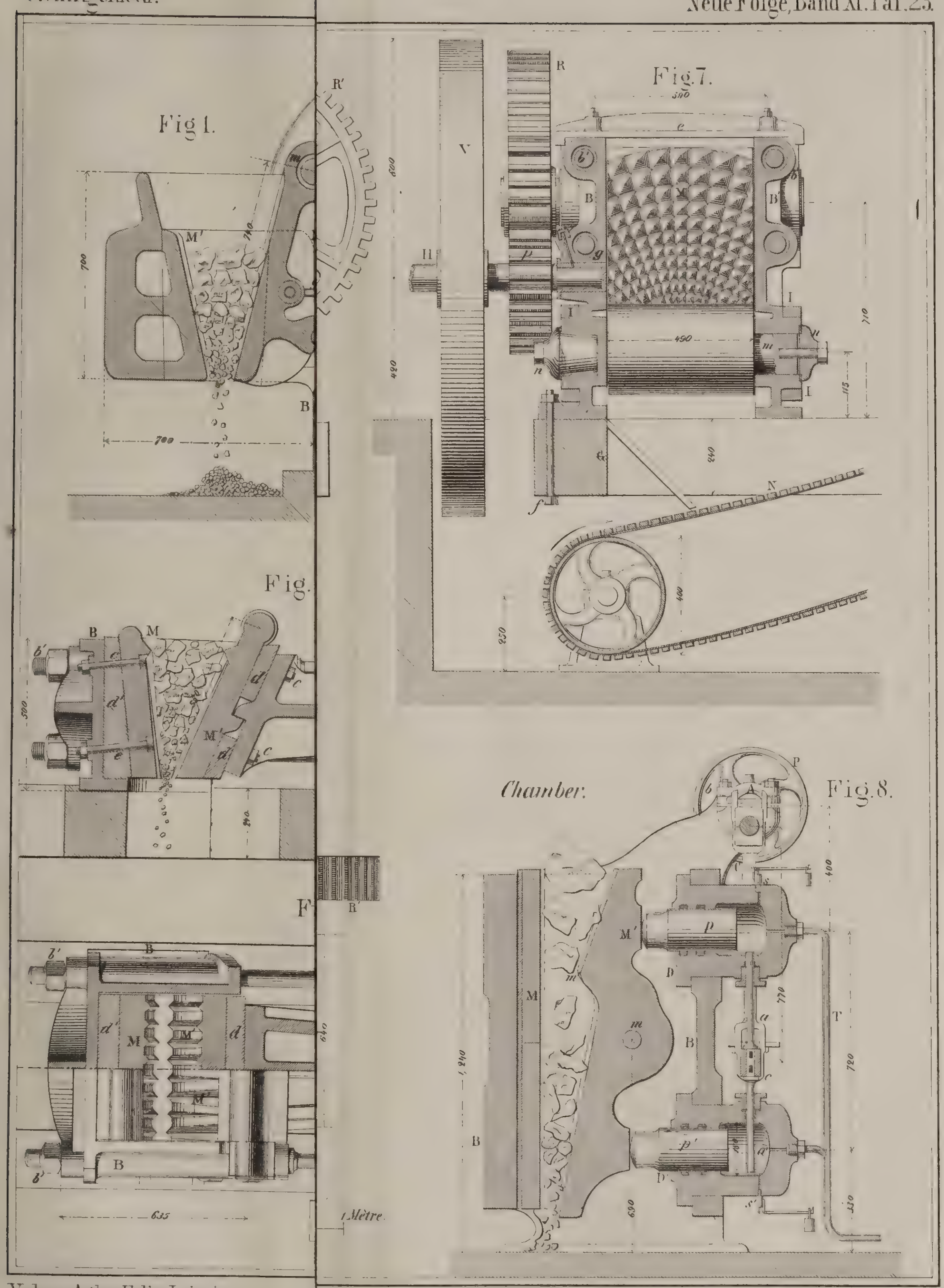


Verlag v. Arthur Felix, Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.

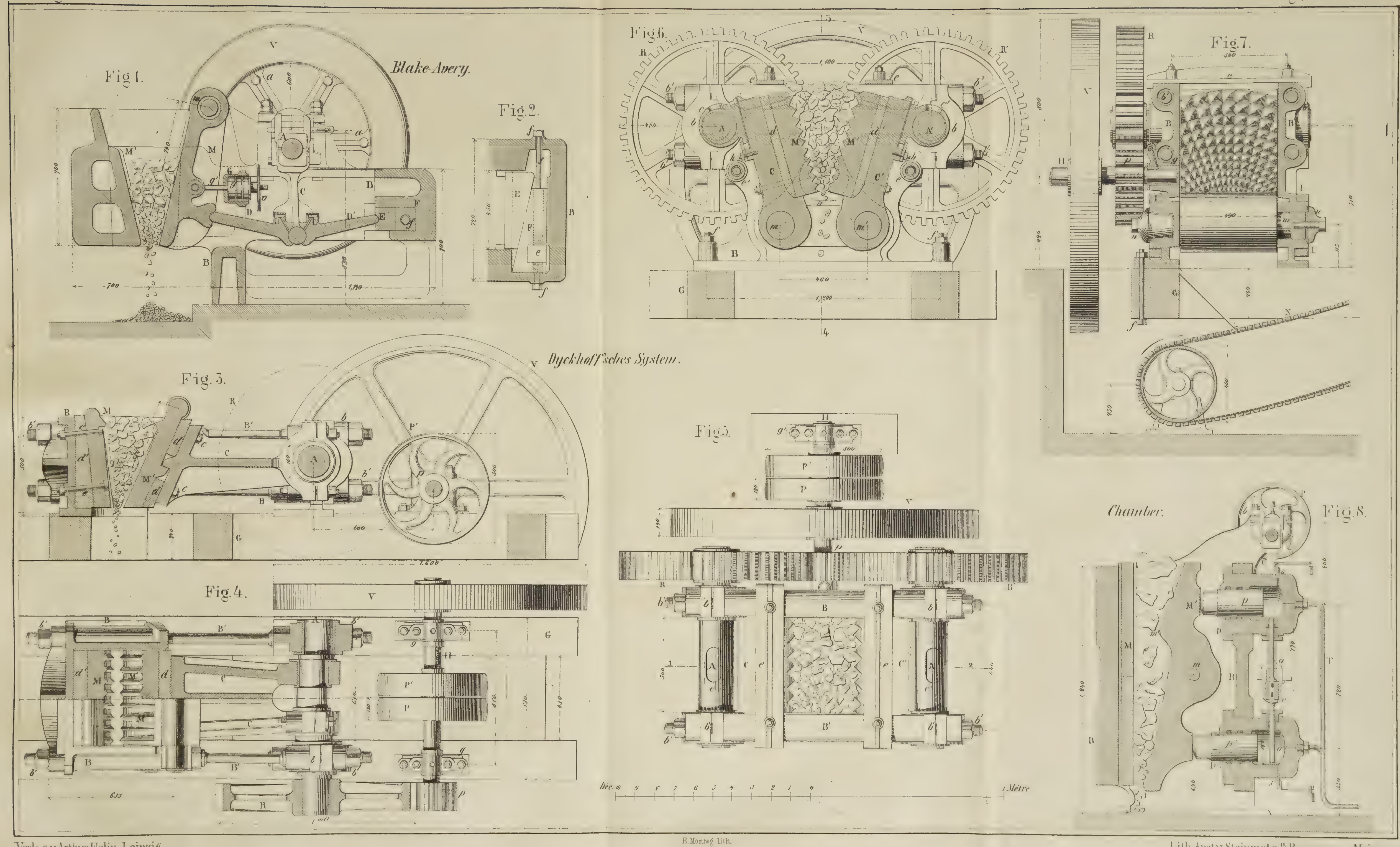


Verlag v. Arthur Felix, Leipzig.   Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.

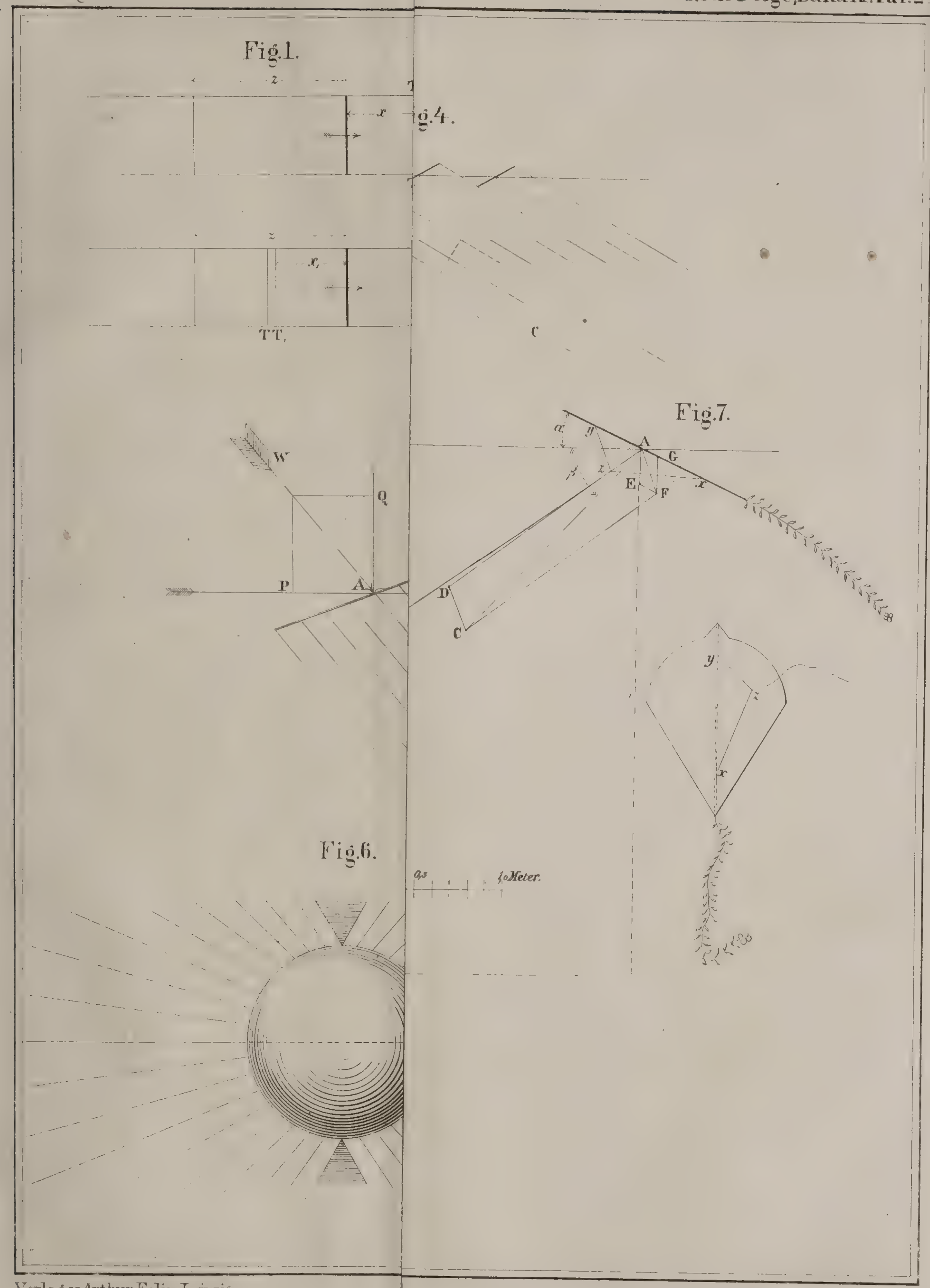

Fig. 1. Kathyalisches Nivellirinstrument
Fig. 2.
Fig. 4. Klepscyclon.
Fig. 3.
Fig. 5.
½ d. nat. Größe.
¼ d. nat. Größe



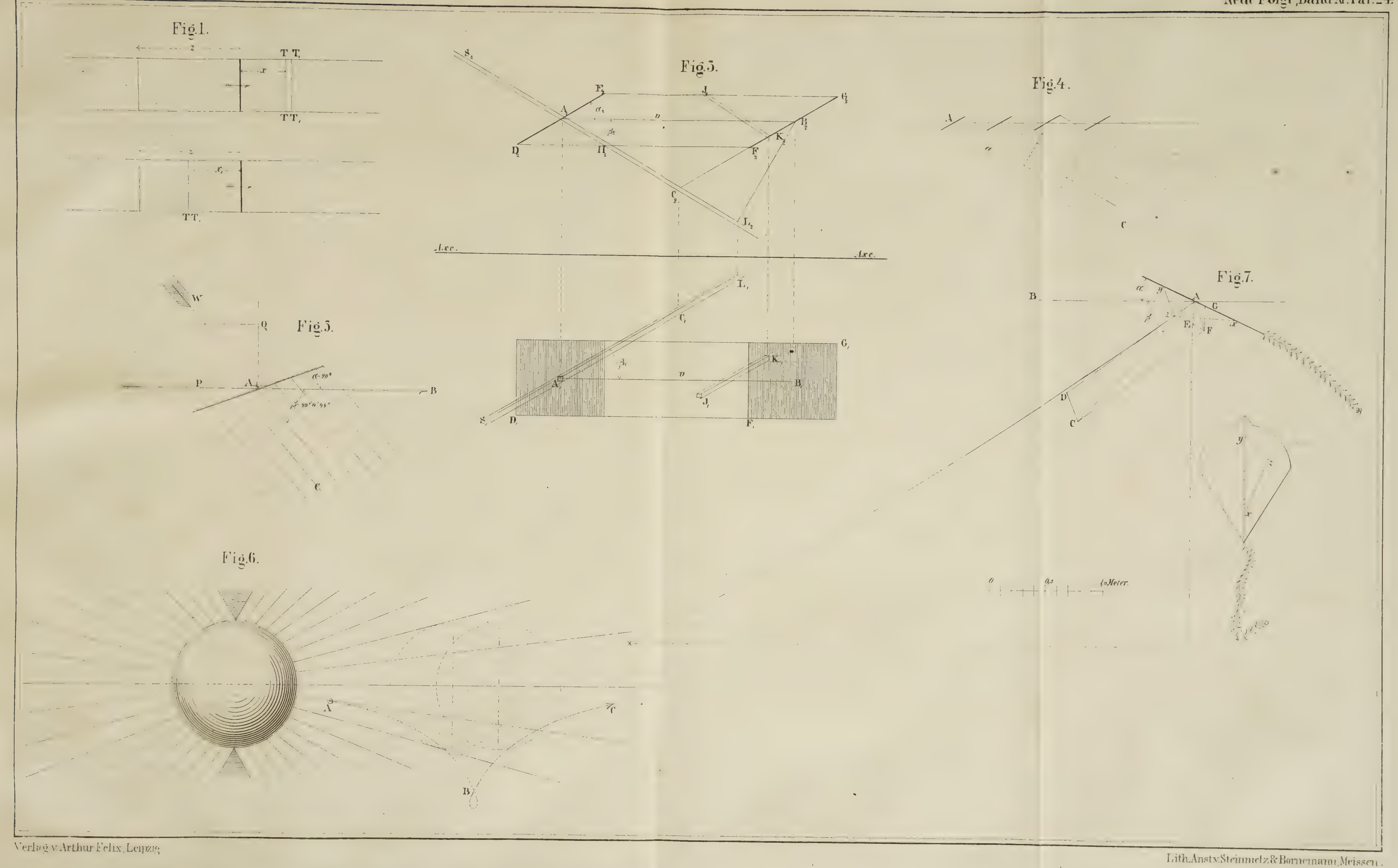
Verlag v. Arthur Felix, Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



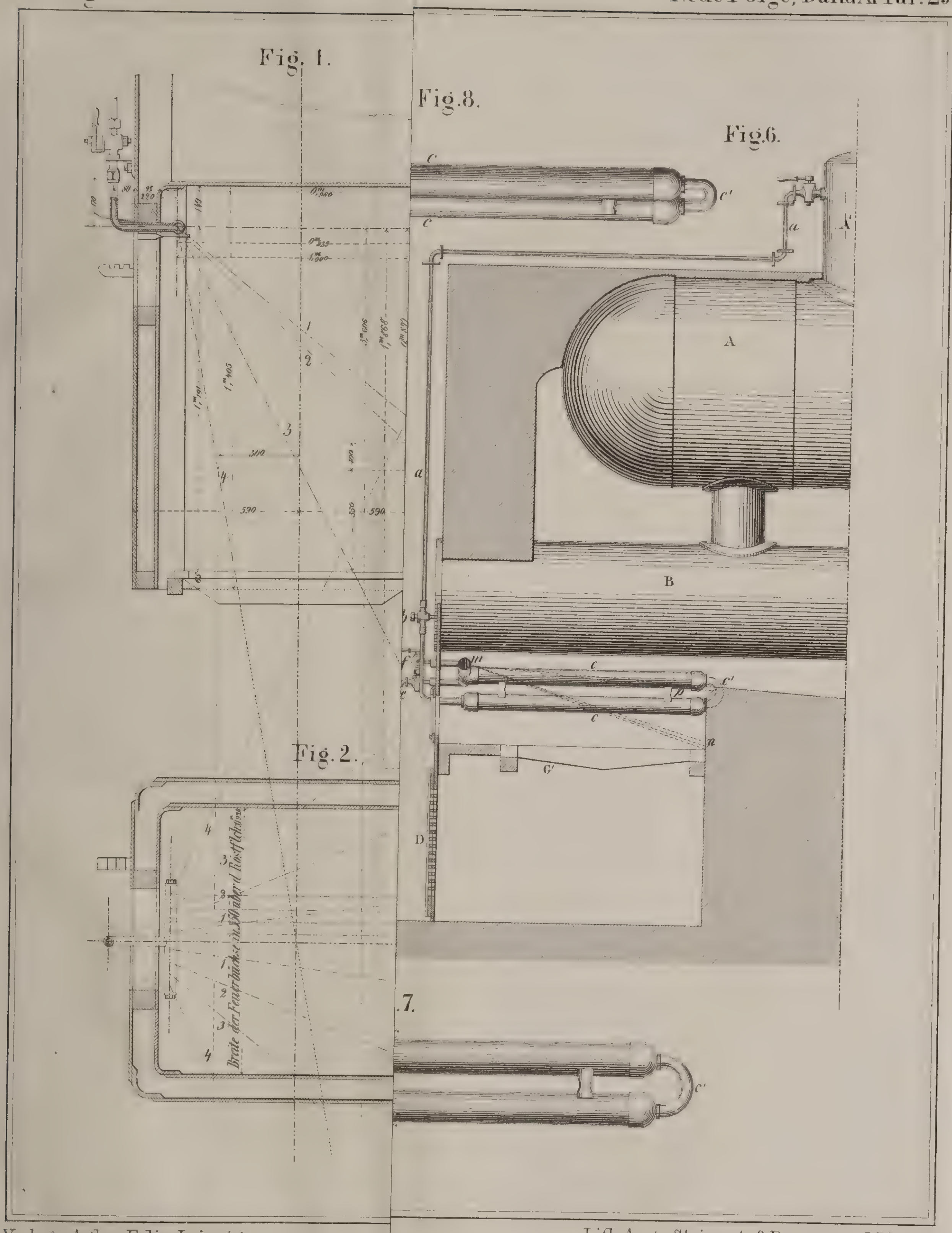
Verlag v. Arthur Felix, Leipzig. E. Montag lith. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



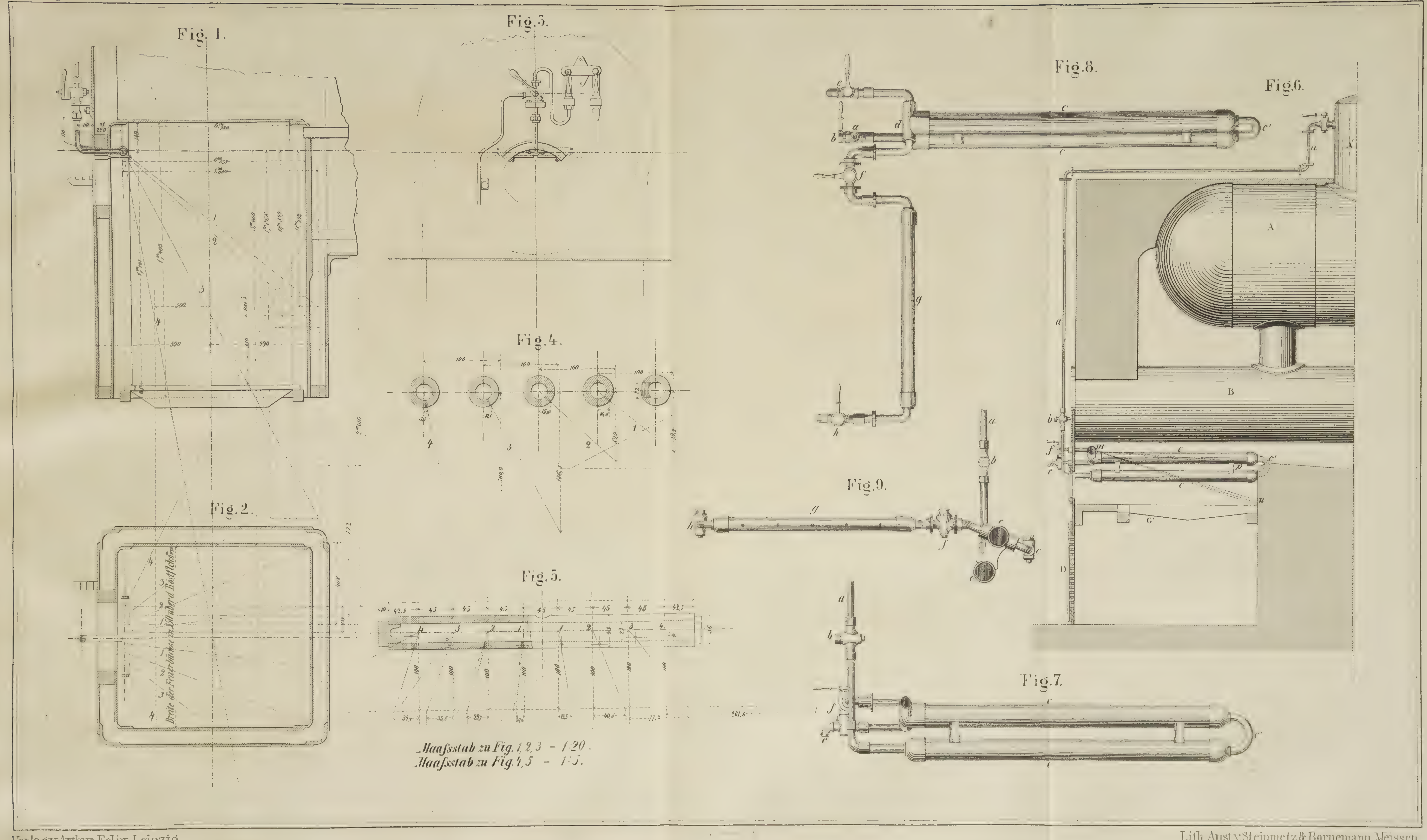
Verlag v. Arthur Felix, Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



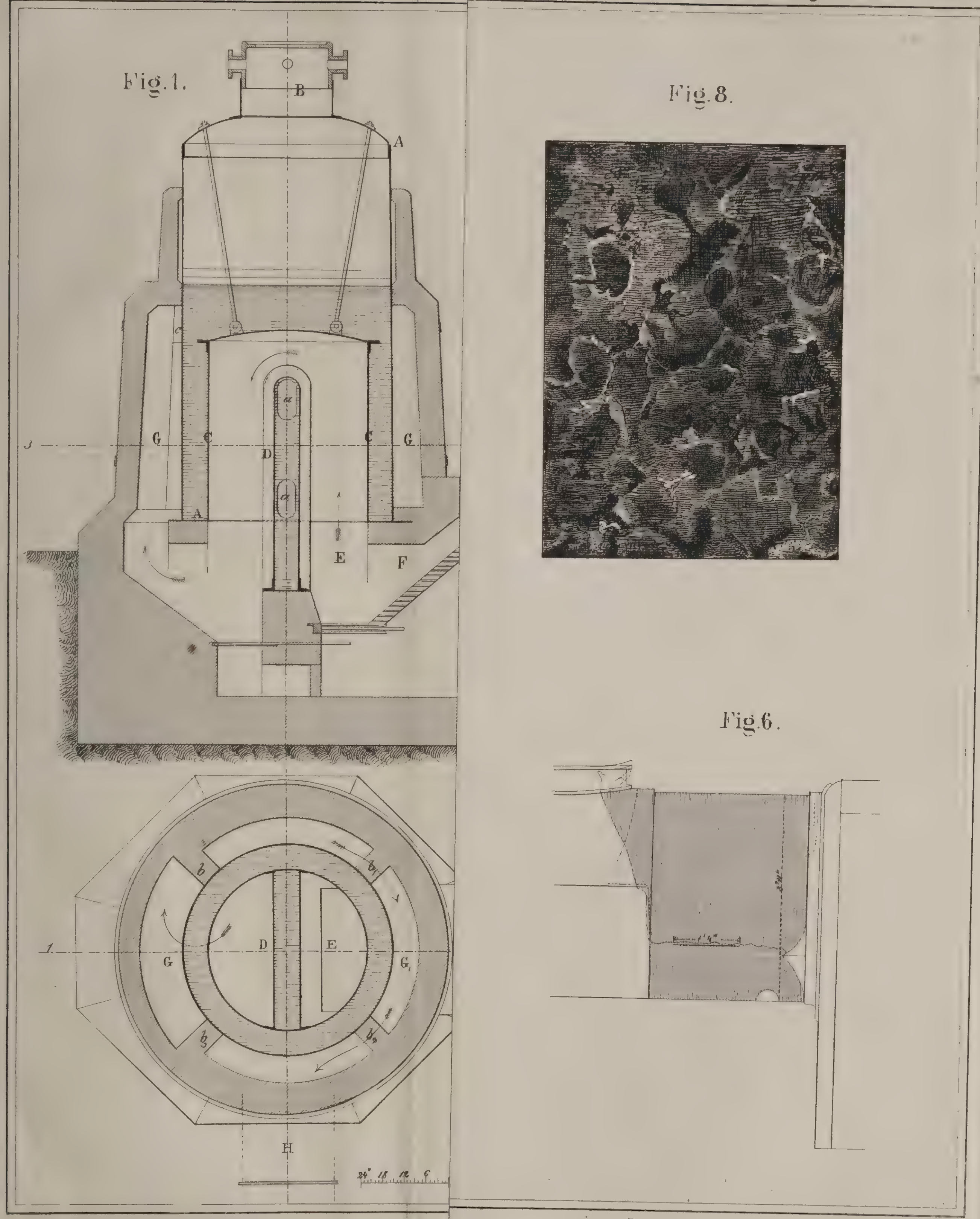
Verlag v. Arthur Felix, Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



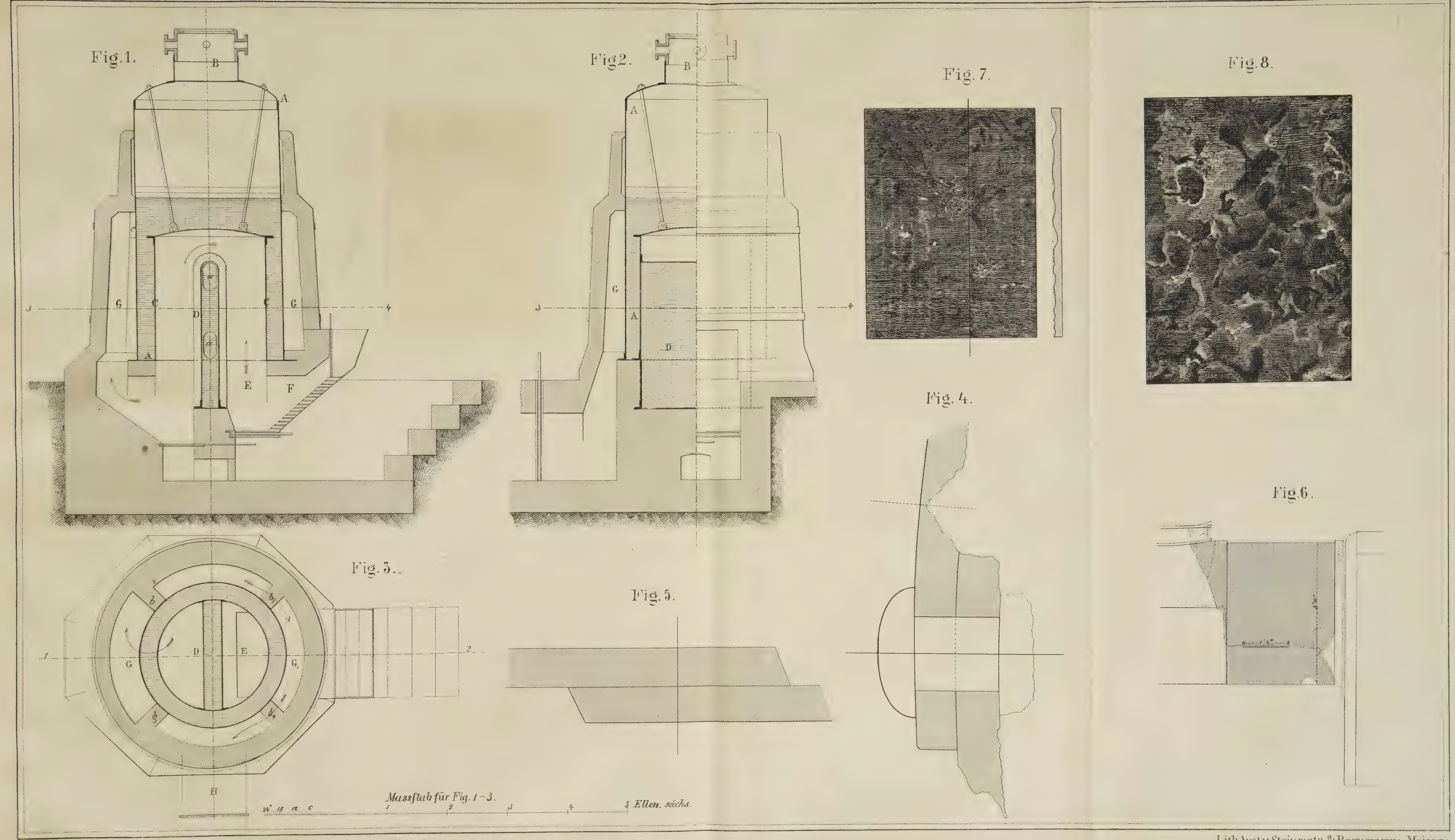
Verlag v. Arthur Felix, Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



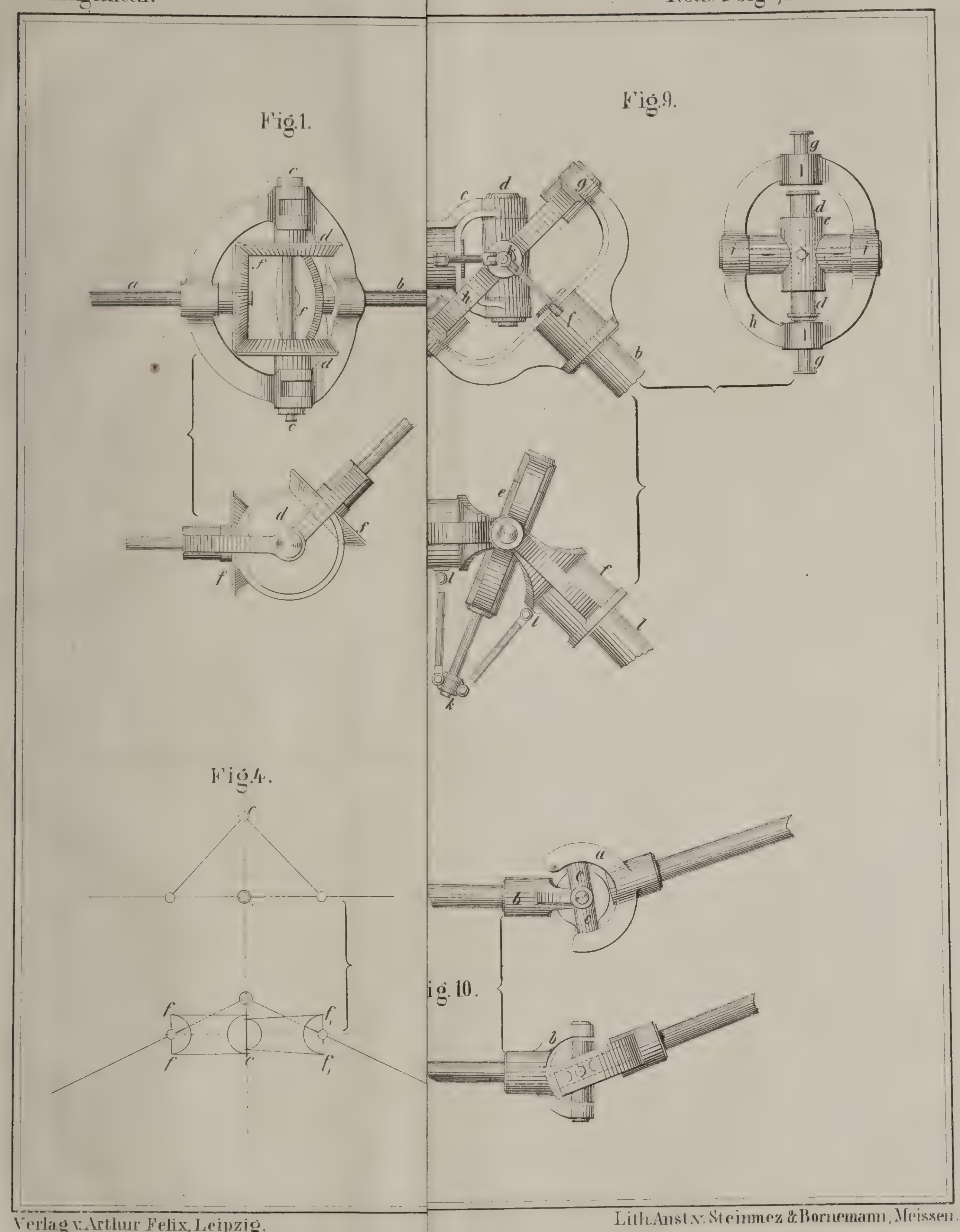
Verlag v. Arthur Felix, Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



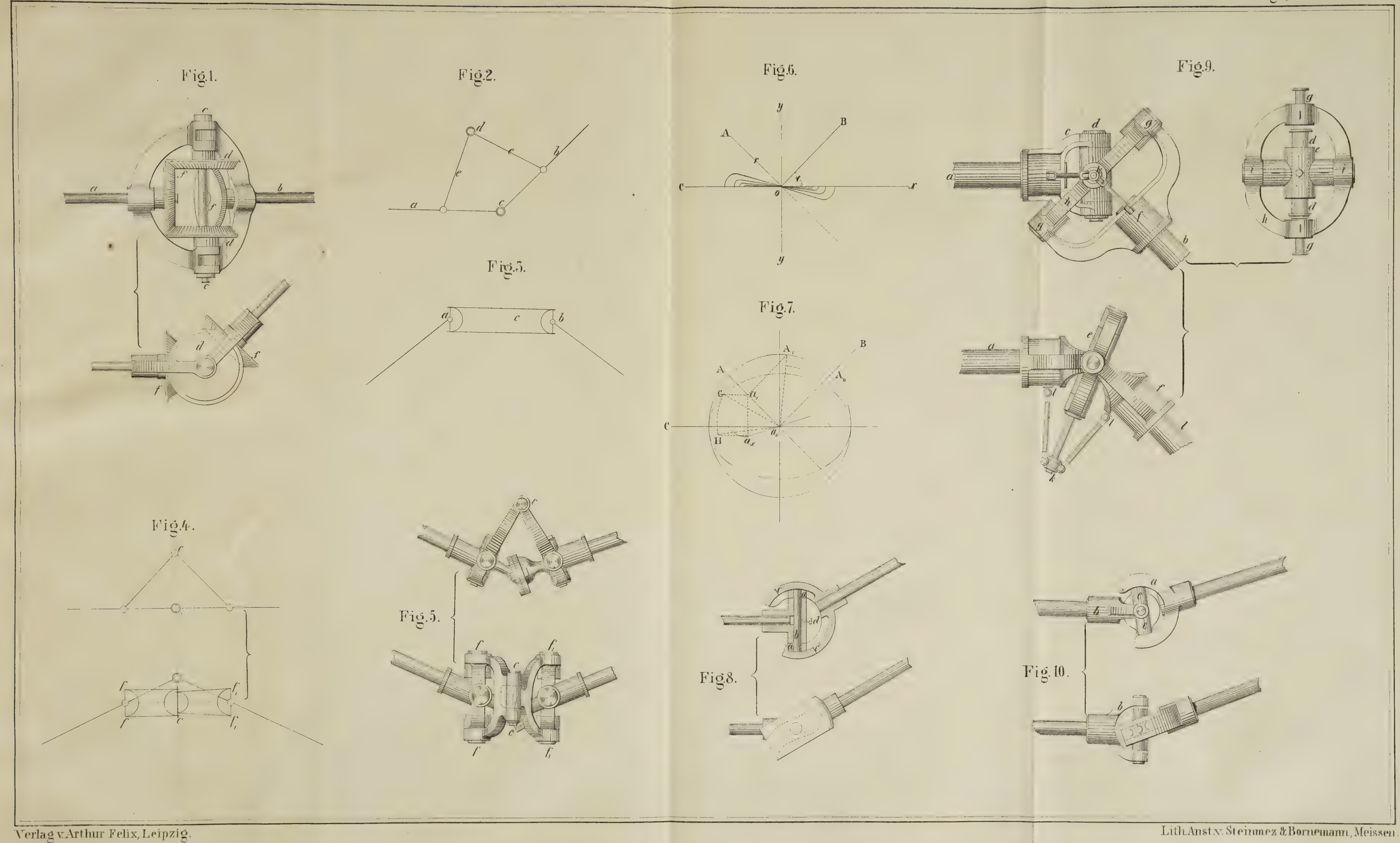
Verlag von Arthur Felix, Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen



Verlag von Arthur Felix, Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen



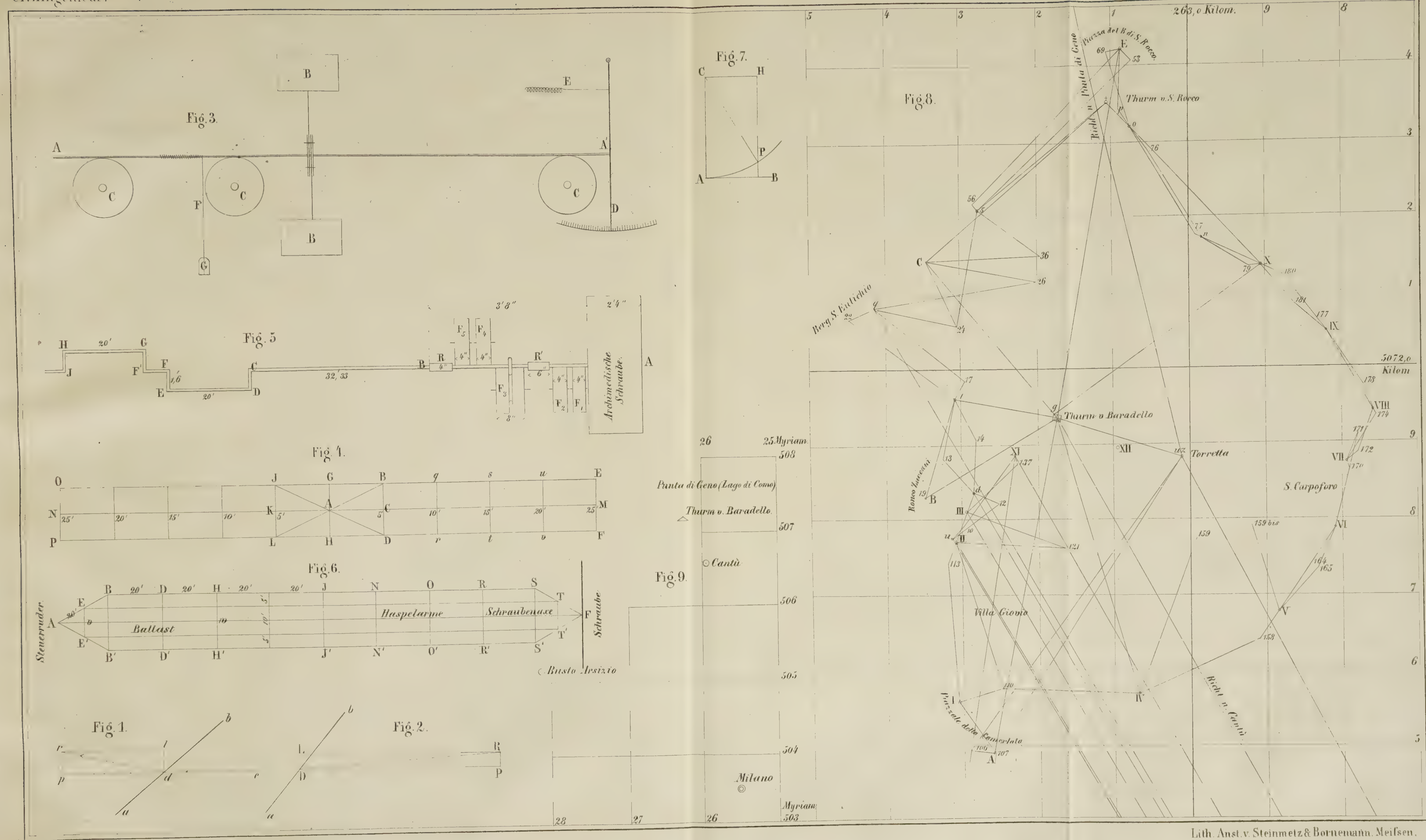
Verlag v. Arthur Felix, Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmez & Bornemann, Meissen.



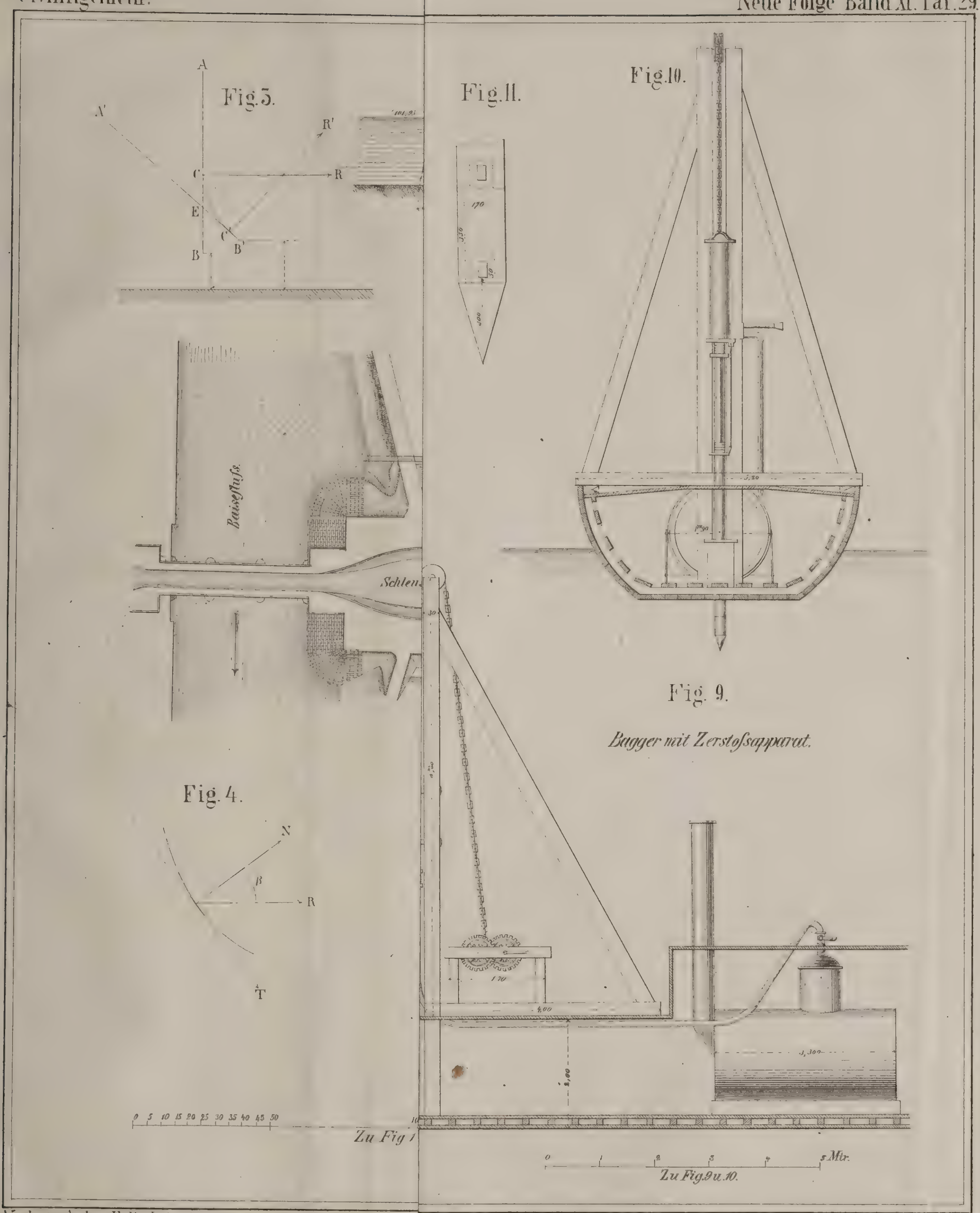
Verlag v. Arthur Felix, Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmez & Bornemann, Meissen.

Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.

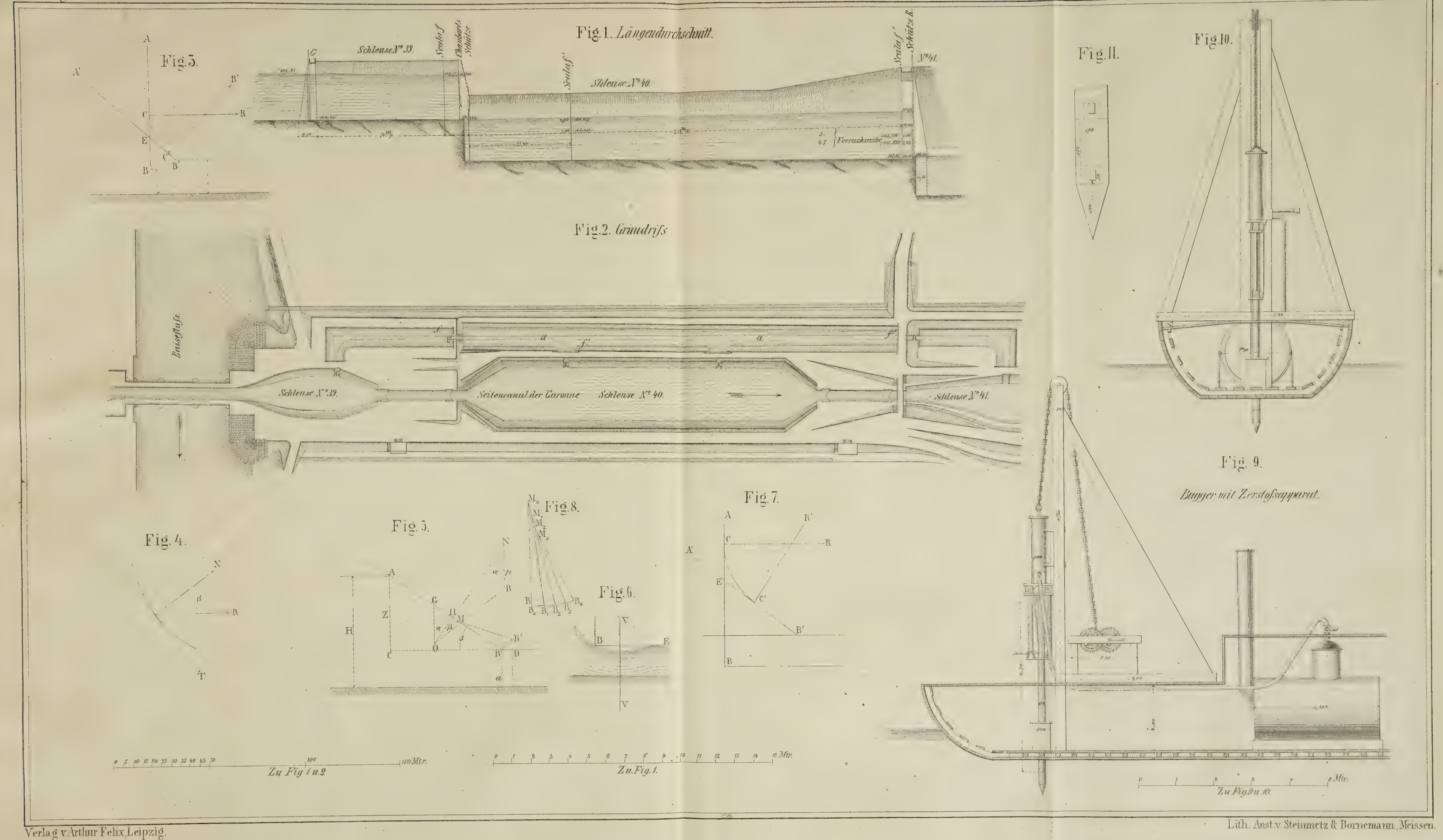
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann. Meifsen.



Verlag v. Arthur Felix in Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann. Meifsen.

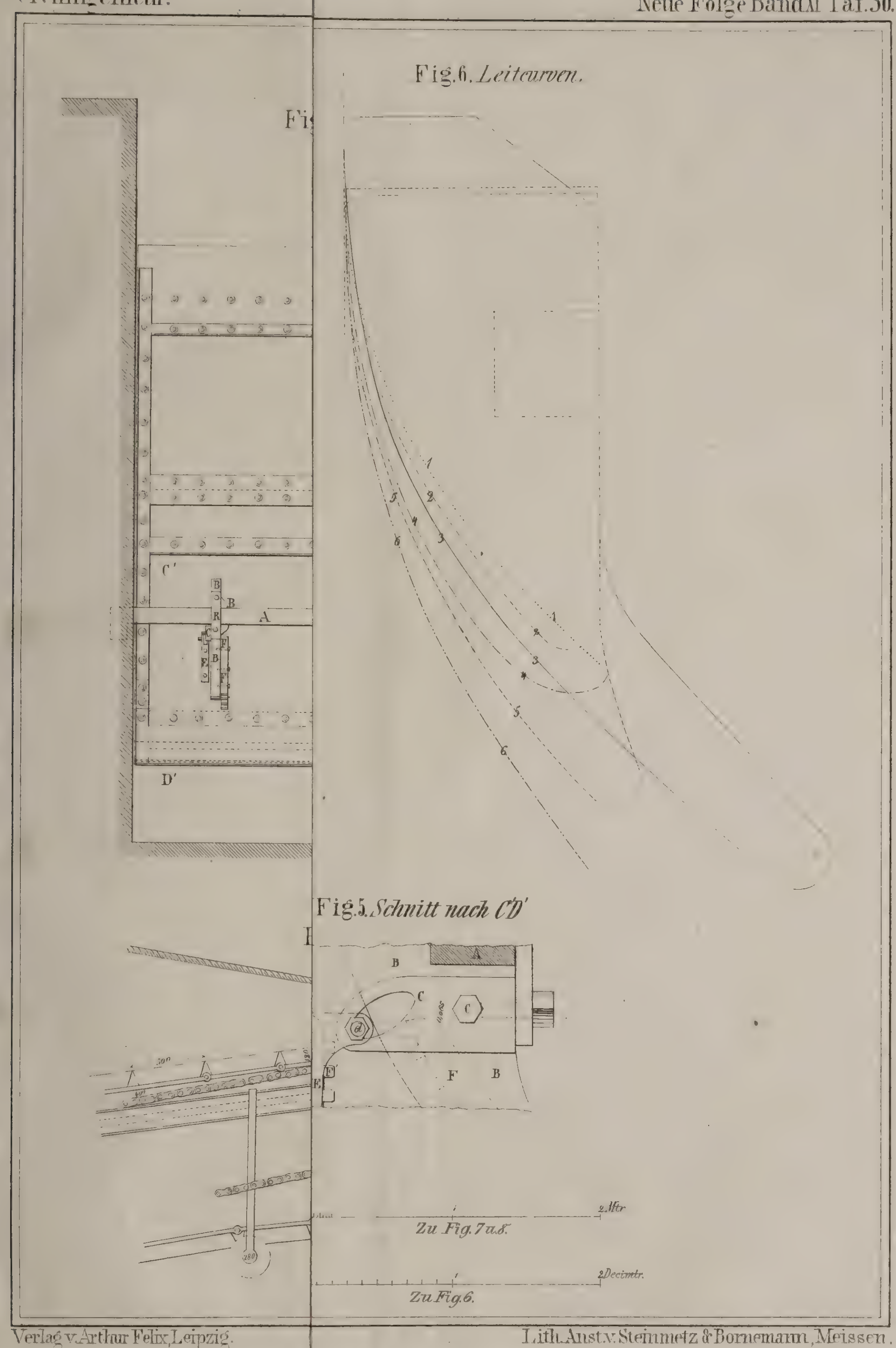


Verlag v. Arthur Felix, Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.

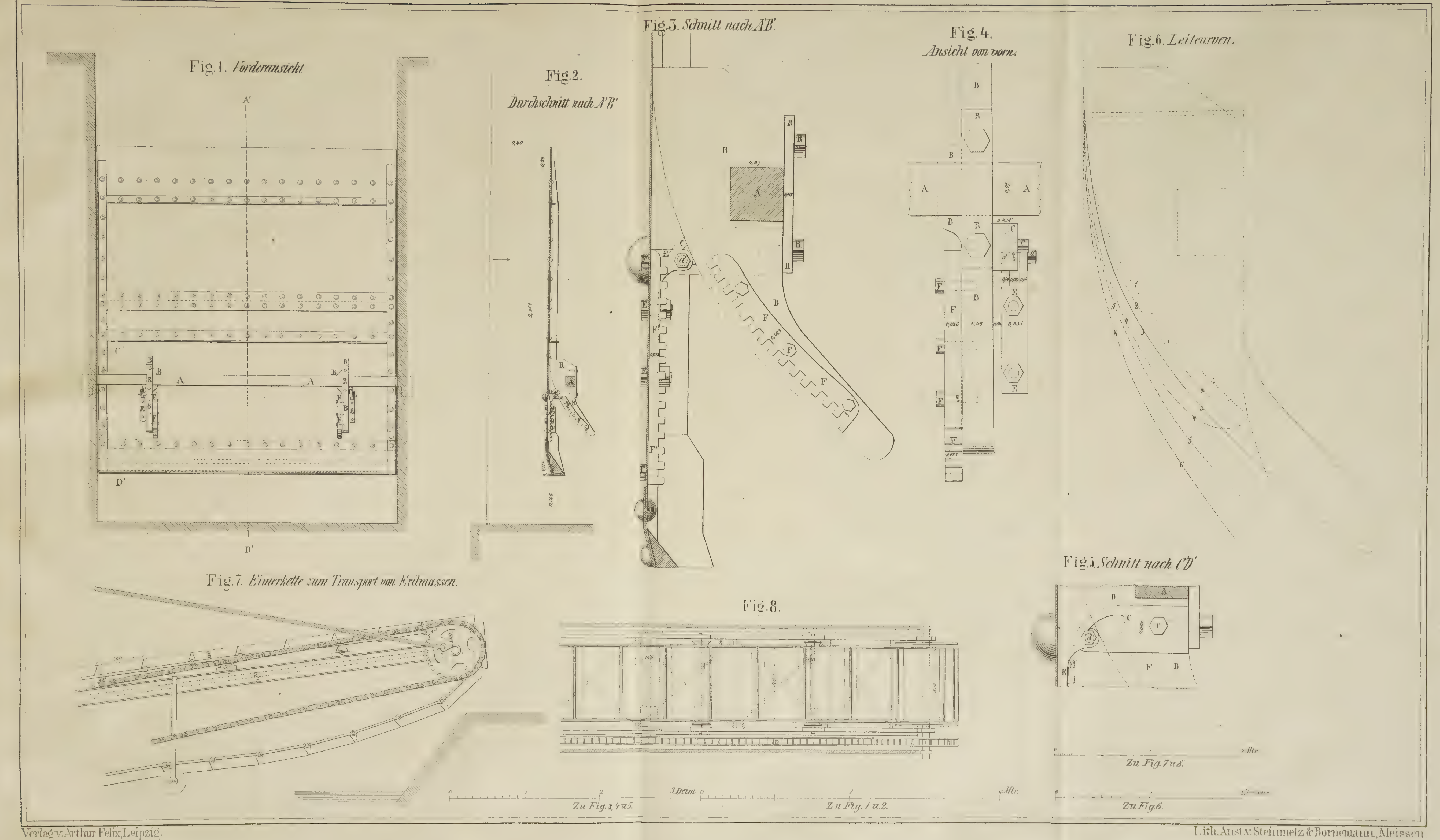


Verlag v. Arthur Felix, Leipzig.

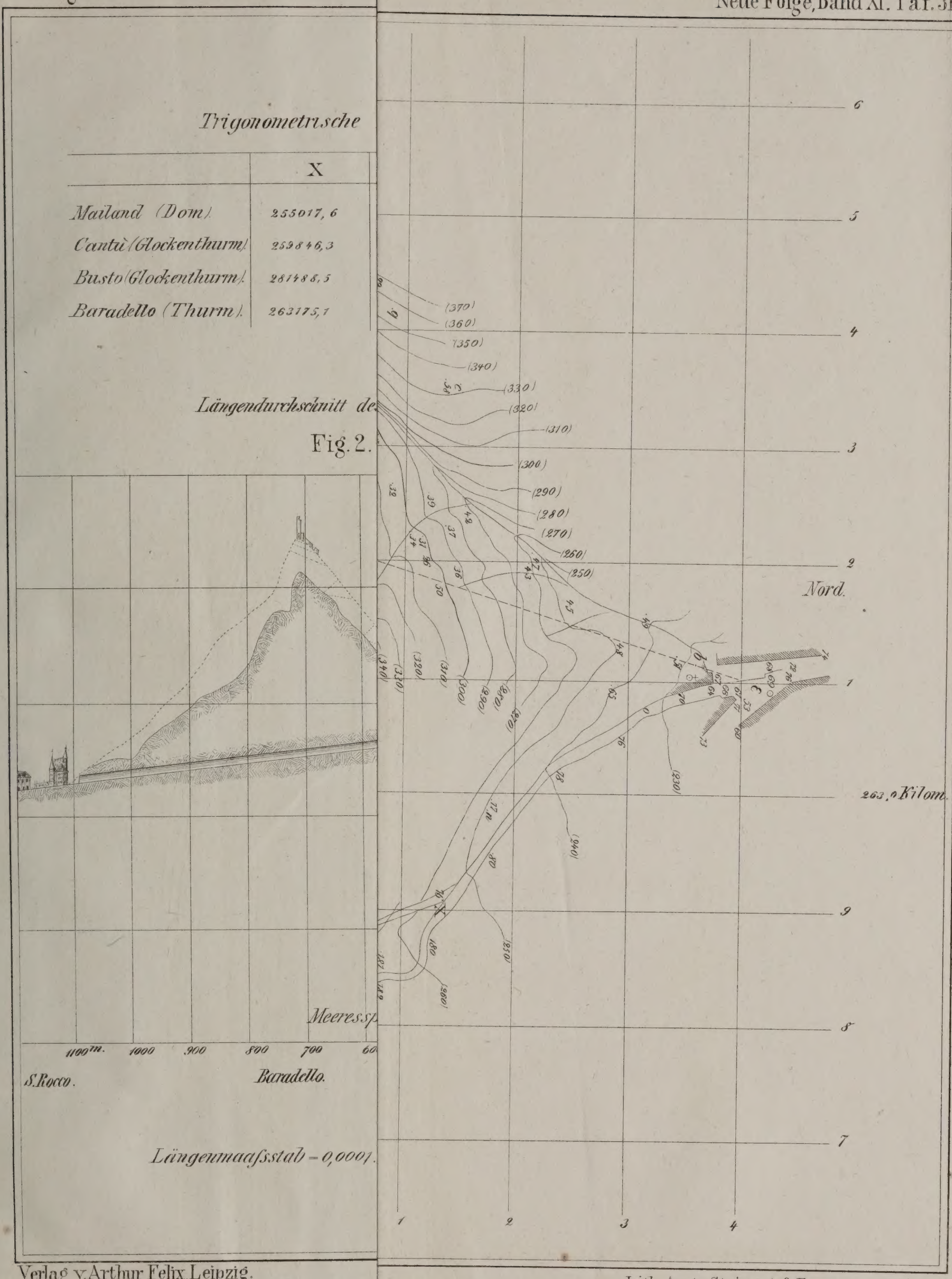
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



Verlag v. Arthur Felix, Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.

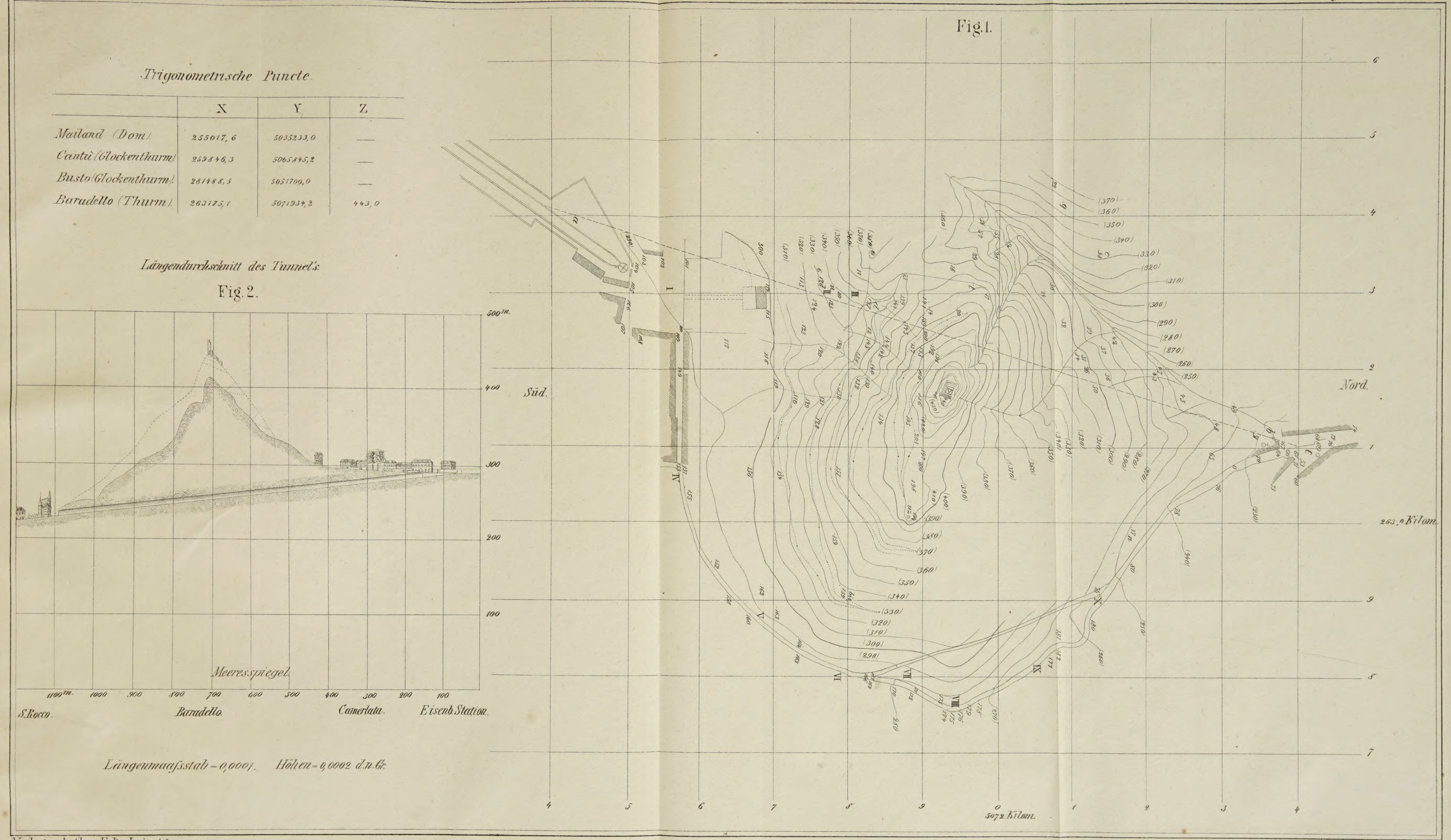


Verlag v. Arthur Felix, Leipzig. Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



Verlag v. Arthur Felix, Leipzig.

Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.



Trigonometrische Puncte.

	X	Y	Z
Mailand (Dom).	255017,6	5035233,0	—
Cantù (Glockenthurm).	253846,3	5065845,2	—
Busto (Glockenthurm).	281488,5	5051709,0	—
Baradello (Thurm).	263175,1	5071934,2	443,0

Verlag v. Arthur Felix, Leipzig.
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.

